справочник по эксплуатации радиоизмерительных приборов

справочник по эксплуатации
радиоизмерительных приборов

А. И. Терешин,
В. А. Софронов

Справочник по эксплуатации радиоизмерительных приборов

Издание 4-е,
исправленное
и дополненное

Издательство
„Техніка“

Киев—1973

6Ф2.08(083)
Т35

УДК 621.317.7(031)

Справочник по эксплуатации радиоизмерительных приборов. Терешин А. И., Софронов В. А. Изд. 4-е, исправленное и дополненное. «Техніка», 1973, 500 стр.

Приведены основные технические характеристики, структурные и принципиальные схемы наиболее распространенных в настоящее время радиоизмерительных приборов. Описаны принципы их работы, порядок подготовки приборов и правила эксплуатации.
Название глав — это название каждой подгруппы электронных радиоизмерительных приборов соответственно ГОСТ 15094—69*.
Рассчитана на инженеров и техников, работающих в области проектирования, эксплуатации и ремонта радиотехнического оборудования и электронной радиоизмерительной аппаратуры.
Табл. 111, илл. 223, библ. 9.

Рецензент *А. К. Криштафович*, канд. техн. наук

Редакция литературы по энергетике, электронике, кибернетике и связи
Заведующий редакцией инж. *З. В. Божко*

Т $\frac{0341-147}{М202(04)-73}$ 252-73

© Издательство «Техніка», 1960 г.

© Издательство «Техніка», 1973 г., с изменениями

Предисловие

г Киев - 250062
ул. Акад. Туполева
дом 4а кв 62
Ковальчук В.К.

При разработке, производстве и эксплуатации радиоэлектронных устройств широко применяются методы измерений многих физических величин с применением электронной измерительной аппаратуры. Многие из таких измерений обеспечиваются в настоящее время электронными измерительными приборами и устройствами разнообразного назначения, которые выпускаются серийно и в большом количестве в нашей стране.

Простота, удобство реализации и высокая точность измерений большинства физических величин с помощью радиоэлектронной измерительной аппаратуры обусловливают все большее распространение и проникновение их в различные отрасли науки и техники, казалось бы, весьма далекие от радиоэлектроники. Это приводит к тому, что радиоэлектронными измерительными приборами пользуется или начинает пользоваться широкий круг лиц, часто не обладающий специальными знаниями в области радиоэлектронных измерений.

В настоящем справочнике по эксплуатации радиоизмерительных приборов, в отличие от многих инструкций и описаний, приведены хоть и минимальные сведения о приборах, но необходимые для правильного применения и эксплуатации их.

Для облегчения выбора приборов в справочнике даны сводные таблицы их основных характеристик, а для освоения правил применения приводятся описания принципиальных схем, порядок подготовки к работе и условия использования типовых радиоизмерительных приборов при различных измерениях.

Классификация электронных радиоизмерительных приборов, помещенных в настоящем издании, проведена в соответствии с ГОСТ 15094—69*, полный срок введения которого установлен 1 июля 1972 г.

Для исключения возможной путаницы, вызываемой несовпадением обозначений типов приборов различных подгрупп, устанавливаемых ГОСТом с обозначениями приборов, выпущенных промышленностью в соответствии с общегосударственной нормалью НГО.019.000, в сводных таблицах справочника сохранены обозначения, действовавшие в соответствии с указанной нормалью.

Авторы весьма признательны канд. техн. наук А. К. Криштафовичу, ценные замечания которого учтены при исправлении и дополнении материалов справочника.

Замечания и пожелания по книге просим направлять по адресу: *252601, Киев, 1, ГСП, Пушкинская, 28, издательство «Техніка».*

ГЛАВА I

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

По характеру использования все электронные радиоизмерительные приборы делятся на приборы общего применения, с помощью которых можно измерять параметры независимо от того, где и с какой целью они используются, и специальные.

КЛАССИФИКАЦИЯ, НАИМЕНОВАНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Взамен общегосударственной нормали НГО.019.000 с 1 июля 1970 г. (а для ранее разработанных приборов с 1 июля 1972 г.) введен стандарт (ГОСТ 15094—69*) на электронные радиоизмерительные приборы, разрабатываемые и изготовляемые в соответствии с требованиями ГОСТ 9763—67* «Приборы электронные измерительные. Общие технические требования», который устанавливает единую систему классификации наименований и обозначений этих приборов с любыми системами отсчета и мер электрических величин для них.

Группы электронных радиоизмерительных приборов и электрических мер для них разделяются по характеру измерений и виду измеряемых величин на подгруппы, которым присваивается буквенное обозначение. Приборы подгрупп разделяются по признакам основной выполняемой функции на виды, которым присваивается буквенно-цифровое обозначение, состоящее из обозначения подгруппы и номера вида. Приборы каждого вида по совокупности технических характеристик и очередности разработок разделяются на типы, которым присваивается порядковый номер модели. Обозначение прибора должно состоять из обозначения вида, к которому прибор относится, и номера модели; перед номером модели ставится дефис (черточка). Например, если прибор относится к виду «Вольтметры переменного тока», обозначенному В3, и имеет номер модели 10, то ему должно присваиваться обозначение В3-10, а прибор должен именоваться «Вольтметр переменного тока В3-10». При этом вольтметр переменного тока В3-10, прошедший первую модернизацию, обозначается В3-10А, вторую — В3-10Б.

Приборы, изготовленные для эксплуатации в условиях тропического климата, должны после номера модели или буквы модернизации иметь букву «Т».

Приборы с одинаковыми электрическими характеристиками, но отличающиеся конструктивным исполнением, должны иметь после номера модели через дробь цифру, обозначающую номер конструктивной модификации. Например, конструктивная модификация вольтметра переменного тока — В3-10/1.

Обозначение прибора, измеряющего несколько параметров, должно составляться из обозначения вида, к которому прибор относится по основной выполняемой функции. Допускается к обозначению вида таких приборов добавлять букву «К» в случае отсутствия в подгруппе вида «Универсальные».

Обозначение блоков приборов должно составляться из обозначения вида, к которому относится блок подгруппы, с добавлением индекса подгруппы по выполняемой функции. Например, блок прибора для измерения напряжения обозначается Я1В, блок прибора для наблюдения и исследования формы сигнала — Я4С.

Построение наименований и обозначений приборов выполняется в следующем виде.

Подгруппа А. Приборы для измерения силы тока

А1-. Установки или приборы для поверки амперметров.
А2-. Амперметры постоянного тока.
А3-. Амперметры переменного тока.
А7-. Амперметры универсальные.
А9-. Преобразователи тока.

Подгруппа В. Приборы для измерения напряжения

В1-. Установки или приборы для поверки вольтметров.
В2-. Вольтметры постоянного тока.
В3-. Вольтметры переменного тока.
В4-. Вольтметры импульсного тока.
В5-. Вольтметры фазочувствительные (векторметры).
В6-. Вольтметры селективные.
В7-. Вольтметры универсальные.
В8-. Измерители отношения напряжений и (или) разности напряжений.
В9-. Преобразователи напряжений.

Подгруппа Е. Приборы для измерения параметров компонентов и цепей с сосредоточенными постоянными

Е1-. Меры, установки или приборы для поверки измерителей параметров компонентов и цепей.
Е2-. Измерители полных сопротивлений и (или) полных проводимостей.
Е3-. Измерители индуктивности.
Е4-. Измерители добротности.
Е6-. Измерители сопротивлений.
Е7-. Измерители параметров универсальные.
Е8-. Измерители емкостей.
Е9-. Преобразователи параметров компонентов и цепей.

Подгруппа М. Приборы для измерения мощности

М1-. Установки или приборы для поверки ваттметров.
М2-. Ваттметры проходящей мощности.
М3-. Ваттметры поглощаемой мощности.
М5-. Преобразователи приемные (головки) ваттметров.

Подгруппа Р. Приборы для измерения параметров элементов и трактов с распределенными постоянными

Р1-. Линии измерительные.
Р2-. Измерители коэффициента стоячей волны.
Р3-. Измерители полных сопротивлений.
Р4-. Измерители комплексных коэффициентов передач.
Р5-. Измерители параметров линий передач.
Р6-. Измерители добротности.
Р9-. Преобразователи параметров.

Подгруппа Ч. Приборы для измерения частоты и времени

Ч1-. Стандарты частоты и времени.
Ч2-. Частотомеры резонансные.
Ч3-. Частотомеры электронносчетные.
Ч4-. Частотомеры гетеродинные.

Ч4-. Частотомеры емкостные.
Ч4-. Частотомеры мостовые.
Ч5-. Синхронизаторы частоты.
Ч5-. Преобразователи частоты сигнала.
Ч6-. Синтезаторы частот; делители и умножители частоты.
Ч7-. Приемники сигналов эталонных частот и сигналов времени.
Ч7-. Компараторы частотные, фазовые, временные.
Ч7-. Синхронометры.
Ч9-. Преобразователи частоты.

Подгруппа Ф. Приборы для измерения разности фаз и группового времени запаздывания

Ф1-. Установки или приборы для поверки измерителей разности фаз и группового времени запаздывания.
Ф2-. Измерители разности фаз.
Ф3-. Фазовращатели измерительные.
Ф4-. Измерители группового времени запаздывания.

Подгруппа С, Приборы для наблюдения, измерения и исследования формы сигнала и спектра

С1-. Осциллографы универсальные.
С2-. Измерители коэффициента амплитудной модуляции (модулометры).
С3-. Измерители девиации частоты (девиометры).
С4-. Анализаторы спектра.
С6-. Измерители нелинейных искажений.
С7-. Осциллографы скоростные, стробоскопические.
С8-. Осциллографы запоминающие.
С9-. Осциллографы специальные.

Подгруппа Х. Приборы для наблюдения и исследования характеристик радиоустройств

Х1-. Приборы для исследования амплитудно-частотных характеристик.
Х2-. Приборы для исследования переходных характеристик.
Х3-. Приборы для исследования фазочастотных характеристик.
Х4-. Приборы для исследования амплитудных характеристик.
Х5-. Измерители коэффициента шума.
Х6-. Приборы для исследования корреляционных характеристик.
Х8-. Установки или приборы для поверки измерителей характеристик радиоустройств.

Подгруппа И. Приборы для импульсных измерений

И1-. Установки или приборы для поверки приборов для импульсных измерений.
И2-. Измерители временных интервалов.
И3-. Счетчики числа импульсов.
И4-. Измерители параметров импульсов.
И9-. Преобразователи импульсных сигналов.

Подгруппа П. Приборы для измерения напряженности поля и радиопомех

П1-. Установки (приборы) для поверки приборов для измерения напряженности поля и радиопомех.

П2-. Индикаторы поля.
П3-. Измерители напряженности поля.
П4-. Измерители радиопомех.
П5-. Приемники измерительные.
П6-. Антенны измерительные.
П7-. Измерители параметров антенн.

Подгруппа У. Усилители измерительные

У2-. Усилители селективные.
У3-. Усилители высокочастотные.
У4-. Усилители низкочастотные.
У5-. Усилители напряжения постоянного тока.
У7-. Усилители универсальные.

Подгруппа Г. Генераторы измерительные

Г1-. Установки для поверки измерительных генераторов.
Г2-. Генераторы шумовых сигналов.
Г3-. Генераторы сигналов низкочастотные.
Г4-. Генераторы сигналов высокочастотные.
Г5-. Генераторы импульсов.
Г6-. Генераторы сигналов специальной формы.
Г8-. Генераторы качающейся частоты (свип-генераторы).

Подгруппа Д. Аттенюаторы и приборы для измерения ослаблений

Д1-. Установки или приборы для поверки аттенюаторов и приборов для измерения ослаблений.
Д2-. Аттенюаторы резисторные.
Д2-. Аттенюаторы емкостные.
Д3-. Аттенюаторы поляризационные.
Д4-. Аттенюаторы предельные.
Д5-. Аттенюаторы поглощающие.
Д6-. Аттенюаторы электрически управляемые.
Д8-. Измерители ослаблений.

Подгруппа К. Комплексные измерительные установки

К2-. Установки измерительные комплексные.
К3-. Установки измерительные комплексные автоматизированные.
К4-. Приборы (блоки) комплексных измерительных установок.
К5-. Приборы (блоки) комплексных автоматизированных измерительных установок.

Подгруппа Л. Приборы общего применения для измерения параметров электронных ламп и полупроводниковых приборов

Л2-. Измерители параметров (характеристик) полупроводниковых приборов.
Л3-. Измерители параметров (характеристик) электронных ламп.
Л4-. Измерители шумовых параметров полупроводниковых приборов.

Подгруппа Ш. Приборы для измерения электрических и магнитных свойств материалов

Ш1-. Измерители электрических и магнитных свойств материалов на низких частотах.

Ш2-. Измерители электрических и магнитных свойств материалов на высоких частотах.

Подгруппа Я. Блоки радиоизмерительных приборов

Я1-. Блоки приборов для измерения силы тока, напряжения, параметров компонентов и цепей с сосредоточенными постоянными.

Я2-. Блоки измерителей параметров элементов и трактов с распределенными постоянными; блоки приборов для измерения мощности.

Я3-. Блоки приборов для измерения частоты и времени; блоки измерителей разности фаз и группового времени запаздывания.

Я4-. Блоки приборов для наблюдения, измерения и исследования формы сигнала и спектра.

Я5-. Блоки измерителей характеристик радиоустройств и блоки приборов для импульсных измерений.

Я6-. Блоки приборов для измерения напряженности поля и радиопомех и блоки усилителей измерительных.

Я7-. Блоки измерительных генераторов и приборов для измерения ослаблений.

Я8-. Блоки источников питания.

Я9-. Блоки преобразователей измерительных; блоки для индикации результатов измерений; блоки коммутации.

Подгруппа Э. Измерительные устройства коаксиальных и волноводных трактов

Э1-. Трансформаторы.
Э2-. Переходы, соединители.
Э3-. Переключатели.
Э4-. Модуляторы.
Э5-. Направленные ответвители.
Э5-. Разветвители.
Э5-. Датчики полных сопротивлений.
Э6-. Вентили.
Э6-. Циркуляторы.
Э7-. Головки детекторные.
Э7-. Головки смесительные.
Э8-. Фильтры.
Э9-. Нагрузки.

Подгруппа Б. Источники питания для измерений и радиоизмерительных приборов

Б2-. Источники переменного тока.
Б4-. Источники калиброванного напряжения и тока.
Б5-. Источники постоянного тока.
Б6-. Источники с регулируемыми параметрами.
Б7-. Источники постоянного и переменного тока универсальные.

Присвоение наименований и обозначений приборам производится базовой организацией по стандартизации Министерства радиопромышленности СССР независимо от подчиненности организации, разработавшей или выпускающей приборы.

ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ, СБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЕРКИ РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

При получении нового прибора необходимо проверить его комплектацию и привести в рабочее состояние.

Большинство приборов работает нормально при изменении температуры в пределах от 15 до 25° С и влажности от 60 до 80%. Отдельные типы приборов, предназначенные для работы в полевых условиях, имеют более широкий диапазон рабочей температуры и влажности.

На исправность и точность работы большинства измерительных приборов не влияет изменение температуры от —40 до +40°С и влажность до 98%, но после низких температур или повышенной влажности прибор должен перед включением находиться в нормальных комнатных условиях в течение 24 ч.

При пользовании измерительными приборами необходимо точно учитывать работу каждого из них, записывая количество отработанных часов в заводской формуляр.

Заводы-поставщики устанавливают гарантийный срок безотказной работы измерительного прибора в один или два года (в зависимости от типа прибора). При этом заводом оговаривается, рассчитан ли прибор на длительную непрерывную работу или только на работу без перерывов в течение определенного времени (например, 8 ч). В гарантийный срок не входит время транспортировки и хранения их на складах (в общей сложности не более одного года).

При выходе из строя прибора или отдельных его деталей в течение гарантийного срока завод-поставщик обязан заменить прибор или отремонтировать его за свой счет, если были соблюдены условия технически грамотной эксплуатации и целостность заводских пломб. Для предъявления заводу-поставщику рекламаций, т. е. претензий на неудовлетворительное качество изделий, вызывается представитель завода для осмотра прибора и составления акта на месте. Если представитель не прибудет по истечении месяца со дня вызова, то составляется односторонний рекламационный акт и направляется на завод.

При эксплуатации радиоизмерительных приборов разрешается производить лишь мелкий ремонт, замену радиоламп и отдельные регулировки узлов измерительных приборов. В заводских инструкциях по эксплуатации оговариваются ремонтные работы. Более сложный ремонт должны производить специалисты в специально оборудованных мастерских.

Все радиоизмерительные приборы подразделяются в зависимости от своего технического состояния на пять категорий:

I категория — приборы исправные, находящиеся в эксплуатации, но еще не выработавшие гарантийные заводом-поставщиком сроки;

II категория — приборы исправные, гарантийный срок которых истек; приборы, требующие поверки;

III категория — приборы, требующие регулирования до точности, заданной техническими условиями;

IV категория — приборы, требующие капитального ремонта с полным перемонтажом и заменой деталей;

V категория — приборы неисправные, ремонт которых нецелесообразен.

К среднему ремонту относится устранение мелких неисправностей и замена отдельных деталей, не вызывающая необходимости полной наладки.

К капитальному ремонту относятся более сложные виды ремонтных работ.

Если измерительным прибором не пользуются, то его необходимо уложить в укладочный ящик и хранить в сухом месте. Допускается хранение приборов в закрытых шкафах, но ни в коем случае не следует ставить их один на другой.

При транспортировке все приборы и принадлежности к ним должны быть уложены в укладочные ящики соответствующих размеров и амортизируются пружинами, стружкой и т. п. Упаковочные ящики нельзя бросать и кантовать.

Законом метрологии является осуществление передачи размера единицы от эталона до рабочего прибора. Для обеспечения правильной передачи единиц измерения должна быть установлена определенная система этой передачи. Составляются поверочные схемы, устанавливающие соподчинение эталонов, образцовых мер и измерительных приборов и рабочих мер и приборов. Составляется система и определяются условия передачи единиц измерения от эталонов образцовым, а от них рабочим мерам и измерительным приборам. Основной операцией поверки мер и измерительных приборов является определение или оценка их погрешностей. Прибор признается годным к эксплуатации, если его действительная погрешность меньше или равна допустимой.

В свидетельствах, выдаваемых на образцовые меры и приборы, указывают действительные значения их параметров, выявленных в ходе поверки; при необходимости указывают и поправки. В свидетельствах, выдаваемых на рабочие меры и приборы, действительных параметров не указывают, а подтверждают пригодность и разрешение применять данный прибор (или меру) по определенному классу точности. Если мера или прибор не укладывается в установленные нормы, их бракуют, о чем подтверждается соответствующей справкой. Выяснения причин неисправности прибора (или меры) и их ремонта в процессе поверки не производят.

Поверка мер и измерительных приборов может производиться следующими организациями:

государственными метрологическими органами — метрологическими институтами, контрольными лабораториями по измерительной технике и их отделениями;

органами ведомственного надзора за мерами и измерительными приборами — поверочными лабораториями (пунктами), обслуживающими одну или несколько организаций;

лабораториями и контролерами отделов технического контроля приборостроительных и приборостроительных предприятий при выпуске средств измерения из производства или ремонта.

МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ СИ, ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ЭТАЛОНОВ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЙ

Международная система единиц СИ введена в нашей стране во всех областях науки и техники в соответствии с ГОСТ 9867—61 в 1963 г.

Важнейшие единицы физических величин Международной системы приведены в табл. 1.

В настоящее время существует две температурные шкалы, установленные международными рекомендациями,— в кельвинах и в градусах Цельсия.

Основной температурой является термодинамическая температура T, единица которой кельвин К (1/273,16 часть термодинамической температуры тройной точки воды).

Термодинамическая температура может быть выражена и в градусах Цельсия t (°C). В этом случае отсчет ведется от точки температурной шкалы, лежащей на 0,0100 К ниже тройной точки воды (точка плавления льда). Температура в градусах Цельсия определяется по формуле

$$t = T - 273{,}15\ \text{К}\ [^\circ\text{C}].$$

Всякий интервал температуры, выраженный в К или °C, имеет одно и то же числовое значение.

Стандарт допускает выражение температуры в кельвинах и в градусах Цельсия в зависимости от начала отсчета (положения нуля) по шкале.

Для расширения диапазона значений физических величин применяют кратные и дольные приставки, получая кратные и дольные единицы. В стандарте

1. Важнейшие единицы Международной системы СИ

Величина				Единица
Наименование	Размерность	Обозначение		Наименование и определение
		русское	международное	
		Основные единицы		
Длина	L	м	m	Метр — длина, равная 1 650 763,73 длин волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона-86
Масса	M	кг	kg	Килограмм — единица массы — равен массе международного прототипа килограмма
Время	T	с	s	Секунда — 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133
Сила электрического тока	I	А	A	Ампер — сила неизменяющегося тока, который, проходя по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 *м* один от другого в вакууме, вызвал бы между этими проводниками силу, равную $2 \cdot 10^{-7}$Н на каждый метр длины
Термодинамическая температура Кельвина	Θ	К	K	Кельвин — единица термодинамической температуры — 1/273,16 часть термодинамической температуры тройной точки воды
Сила света	J	кд	cd	Кандела — сила света, испускаемого с площади 1/600 000 $м^2$ сечения полного излучателя, в перпендикулярном этому сечению направлении, при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины при давлении 101 325 Па

Продолжение табл. 1

Величина				Единица
Наименование	Размерность	Обозначение		Наименование и определение
		русское	международное	
Дополнительные единицы				
Плоский угол	—	рад	rad	Радиан — угол между двумя радиусами окружности, дуга между которыми по длине равна радиусу
Телесный угол	—	ср	sr	Стерадиан — телесный угол с вершиной в центре сферы, вырезающий на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, по длине равной радиусу сферы
Производные единицы пространства и времени				
Площадь	L^2	м^2	m^2	Квадратный метр—площадь квадрата с длиной стороны, равной 1 м
Объем, вместимость	L^3	м^3	m^3	Кубический метр — объем куба с длиной ребра, равной 1 м
Скорость	LT^{-1}	м/с	m/s	Метр в секунду — скорость прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой она за время 1 с проходит путь длиной 1 м
Ускорение	LT^{-2}	м/с^2	m/s^2	Метр на секунду в квадрате — ускорение прямолинейно и равноускоренно движущейся точки, при котором за время 1 с скорость точки изменяется на 1 м/с
Частота	T^{-1}	Гц	Hz	Герц — частота, при которой за время 1 с происходит один цикл периодического процесса
Частота вращения	T^{-1}	с$^{-1}$	s^{-1}	Секунда в минус первой степени—частота равномерного вращения, при которой за время 1 с совершается один оборот тела
Угловая скорость	T^{-1}	рад/с	rad/s	Радиан в секунду — угловая скорость равномерно вращающегося тела, при которой за время 1 с совершается поворот тела относительно оси на угол 1 рад

Продолжение табл. 1

Величина				Единица
Наименование	Размерность	Обозначение		Наименование и определение
		русское	международное	
Угловое ускорение	T^{-2}	рад/с^{2}	rad/s^{2}	Радиан на секунду в квадрате — угловое ускорение равноускоренно вращающегося тела, при котором за время 1 с угловая скорость тела изменяется на 1 рад/с
Волновое число	L^{-1}	м$^{-1}$	m^{-1}	Метр в минус первой степени — волновое число колебаний с длиной волны 1 м
Коэффициент затухания	T^{-1}	с$^{-1}$	s^{-1}	Секунда в минус первой степени — коэффициент затухания, при котором за время 1 с амплитуда колебаний уменьшается в *e* раз, где *e* — основание натуральных логарифмов
Коэффициент ослабления	L^{-1}	м$^{-1}$	m^{-1}	Метр в минус первой степени — коэффициент ослабления, при котором на пути длиной 1 м амплитуда колебаний уменьшается в *e* раз, где *e* — основание натуральных логарифмов
Производные единицы механических величин				
Плотность	$L^{-3}M$	кг/м^{3}	kg/m^{3}	Килограмм на кубический метр — плотность однородного тела, имеющего при объеме 1 м^{3} массу 1 кг
Удельный объем	$L^{3}M^{-1}$	м^{3}/кг	m^{3}/kg	Кубический метр на килограмм — удельный объем однородного тела, при массе 1 кг занимающего объем 1 м^{3}
Количество движения (импульс)	LMT^{-1}	кг·м/с	kg·m/s	Килограмм-метр в секунду — количество движения тела массой 1 кг, движущегося со скоростью 1 м/с
Сила	LMT^{-2}	Н	N	Ньютон—сила, сообщающая телу массой 1 кг ускорение 1 м/с^{2} в направлении действия силы
Момент силы, момент пары сил	$L^{2}MT^{-2}$	Н·м	N·m	Ньютон-метр — момент силы, равной 1 Н, относительно точки, расположенной на расстоянии 1 м от линии действия силы

Продолжение табл. 1

Величина				Единица
Наименование	Размерность	Обозначение		Наименование и определение
		русское	международное	
Импульс силы	LMT^{-1}	Н·с	N·S	Ньютон-секунда — импульс силы, равной 1 Н и действующей в течение 1 с
Давление	$L^{-1}MT^{-2}$	Па	Pa	Паскаль — давление, вызываемое силой 1 Н, равномерно распределенной по поверхности площадью 1 м²
Модуль продольной упругости	$L^{-1}MT^{-2}$	Па	Pa	Паскаль — модуль продольной упругости тела, испытывающего удлинение на первоначальную длину при нормальном напряжении 1 Па
Поверхностное натяжение	MT^{-2}	Н/м	N/m	Ньютон на метр — поверхностное натяжение, создаваемое силой 1 Н, приложенной к участку контура свободной поверхности длиной 1 м и действующей нормально к контуру по касательной к поверхности
Работа, энергия	L^2MT^{-2}	Дж	J	Джоуль — работа силы 1 Н при перемещении ею тела на расстояние 1 м в направлении действия силы
Мощность	L^2MT^{-3}	Вт	W	Ватт — мощность, при которой работа 1 Дж совершается за время 1 с
Производные единицы электрических и магнитных величин				
Плотность электрического тока	$L^{-2}I$	А/м²	A/m²	Ампер на квадратный метр — плотность равномерно распределенного по поперечному сечению площадью 1 м² электрического тока силой 1 А
Линейная плотность электрического тока	$L^{-1}I$	А/м	A/m	Ампер на метр — линейная плотность электрического тока, при равномерном распределении которого на ширину 1 м тонкого листового проводника приходится сила тока 1 А
Количество электричества; электрический заряд	TI	Кл	C	Кулон — количество электричества, проходящее через поперечное сечение при токе силой 1 А за время 1 с

Продолжение табл. 1

Величина				Единица
Наименование	Размерность	Обозначение		Наименование и определение
		русское	международное	
Объемная плотность электрического заряда	$L^{-3}TI$	Кл/м^3	C/m^3	Кулон на кубический метр — объемная плотность электрического заряда, при которой в объеме 1 м^3 равномерно распределен заряд 1 Кл
Поверхностная плотность электрического заряда	$L^{-2}TI$	Кл/м^2	C/m^2	Кулон на квадратный метр — поверхностная плотность электрического заряда, при которой на поверхности площадью 1 м^2 равномерно распределен заряд 1 Кл
Момент электрического диполя	LTI	Кл·м	C·m	Кулон-метр — момент электрического диполя, заряды которого, равные каждый 1 Кл, расположены на расстоянии 1 м один от другого
Поток электрического смещения	TI	Кл	C	Кулон — поток электрического смещения сквозь замкнутую поверхность, внутри которой содержится свободный заряд 1 Кл
Электрическое смещение	$L^{-2}TI$	Кл/м^2	C/m^2	Кулон на квадратный метр — электрическое смещение, при котором поток электрического смещения сквозь поперечное сечение площадью 1 м^2 равен 1 Кл
Электрическое напряжение, электрический потенциал, электродвижущая сила	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	В	V	Вольт — электрическое напряжение, вызывающее в электрической цепи постоянный ток силой 1 А при мощности 1 Вт
Напряженность электрического поля	$LMT^{-3}I^{-1}$	В/м	V/m	Вольт на метр — напряженность однородного электрического поля, при которой между точками, находящимися на расстоянии 1 м вдоль линии напряженности поля, создается разность потенциалов 1 В
Электрическая емкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	Ф	F	Фарада — емкость конденсатора, между обкладками которого при заряде 1 Кл возникает напряжение 1 В

Продолжение табл. 1

Величина				Единица
Наименование	Размерность	Обозначение		Наименование и определение
		русское	международное	
Абсолютная диэлектрическая проницаемость	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	Ф/м	F/m	Фарада на метр — абсолютная диэлектрическая проницаемость среды, в которой при напряженности электрического поля 1 В/м возникает электрическое смещение 1 Кл/м^2
Электрическое сопротивление	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	Ом	Ω	Ом — сопротивление проводника, между концами которого при силе тока 1 А возникает напряжение 1 В
Удельное электрическое сопротивление	$L^3MT^{-3}I^{-2}$	Ом·м	Ω·m	Ом-метр — удельное электрическое сопротивление, при котором цилиндрический прямолинейный проводник площадью поперечного сечения 1 м^2 и длиной 1 м имеет сопротивление 1 Ом
Электрическая проводимость	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	См	S	Сименс—электрическая проводимость проводника сопротивлением 1 Ом
Удельная электрическая проводимость	$L^{-3}M^{-1}T^3I^2$	См/м	S/m	Сименс на метр — удельная электрическая проводимость, при которой цилиндрический прямолинейный проводник площадью поперечного сечения 1 м^2 и длиной 1 м имеет электрическую проводимость 1 См
Магнитный поток	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	Вб	Wb	Вебер — магнитный поток, при убывании которого до нуля в сцепленном с ним контуре сопротивлением 1 Ом проходит количество электричества 1 Кл
Магнитная индукция	$MT^{-2}I^{-1}$	Т	T	Тесла — магнитная индукция, при которой магнитный поток сквозь поперечное сечение площадью 1 м^2 равен 1 Вб
Магнитодвижущая сила	I	А	A	Ампер — магнитодвижущая сила вдоль замкнутого контура, сцепленного с контуром постоянного тока силой 1 А

Продолжение табл. 1

Величина				Единица
		Обозначение		
Наименование	Размерность	русское	международное	Наименование и определение
Напряженность магнитного поля	$L^{-1}I$	А/м	A/m	Ампер на метр — напряженность магнитного поля в центре длинного соленоида с n витками на каждый метр длины, по которым проходит ток силой $\frac{1}{n}$ А
Индуктивность, взаимная индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	Г	H	Генри — индуктивность контура, с которым при силе постоянного тока в нем 1 А сцепляется магнитный поток 1 Вб
Абсолютная магнитная проницаемость	$LMT^{-2}I^{-2}$	Г/м	H/m	Генри на метр — абсолютная магнитная проницаемость среды, в которой при напряженности магнитного поля 1 А/м создается магнитная индукция 1 Т
Магнитный момент электрического тока	L^2I	А·м²	A·m²	Ампер-квадратный метр — магнитный момент электрического тока силой 1 А, проходящего по плоскому контуру площадью 1 м²
Намагниченность (интенсивность намагничивания)	$L^{-1}I$	А/м	A/m	Ампер на метр — намагниченность, при которой вещество объемом 1 м³ имеет магнитный момент 1 А · м²
Магнитная восприимчивость	1	—	—	Безразмерная единица
Магнитное сопротивление	$L^{-2}M^{-1}T^2I^2$	А/Вб	A/Wb	Ампер на вебер — магнитное сопротивление магнитной цепи, в которой магнитный поток 1 Вб создается при намагничивающей силе 1 А
Магнитная проводимость	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	Вб/А	Wb/A	Вебер на ампер — магнитная проводимость магнитной цепи с магнитным сопротивлением 1 А/Вб
Электромагнитная энергия	L^2MT^{-2}	Дж	J	Джоуль — электромагнитная энергия, эквивалентная механической работе 1 Дж
Активная мощность электрической цепи	L^2MT^{-3}	Вт	W	Ватт — активная мощность электрической цепи, эквивалентная механической мощности 1 Вт

Продолжение табл. 1

Величина				Единица
Наименование	Размерность	Обозначение		Наименование и определение
		русское	международное	
Реактивная мощность электрической цепи	L^2MT^{-3}	вар	var	Вар — реактивная мощность электрической цепи с синусоидальным переменным током при $\sin\varphi = 1$ и действующих значениях напряжения 1 В и силы тока 1 А
Полная мощность электрической цепи	L^2MT^{-3}	В·А	V·A	Вольт-ампер — полная мощность электрической цепи при действующих значениях напряжения 1 В и силы тока 1 А
Производные единицы тепловых величин				
Разность температур	Θ	К	K	См. основные единицы
Количество теплоты, термодинамический потенциал	L^2MT^{-2}	Дж	J	Джоуль — количество теплоты, эквивалентное механической работе 1 Дж
Производные единицы световых величин и величин энергетической фотометрии				
Световой поток	J	лм	lm	Люмен — световой поток, испускаемый точечным источником в телесном угле 1 ср при силе света 1 кд
Световая энергия	TJ	лм·с	lm·s	Люмен-секунда — световая энергия светового потока 1 лм, действующего в течение 1 с
Освещенность	$L^{-2}J$	лк	lx	Люкс — освещенность поверхности площадью 1 м^2 при падающем на нее световом потоке 1 лм
Светимость	$L^{-2}J$	лм/м^2	lm/m^2	Люмен на квадратный метр — светимость поверхности площадью 1 м^2, испускающей световой поток 1 лм
Яркость	$L^{-2}J$	кд/м^2	cd/m^2	Кандела на квадратный метр — яркость светящейся поверхности площадью 1 м^2 при силе света 1 кд
Количество освещения	$L^{-2}TJ$	лк·с	lx·s	Люкс-секунда — количество освещения, получаемое поверхностью в течение 1 с при освещенности 1 лк
Энергия излучения	L^2MT^{-2}	Дж	J	Джоуль — энергия излучения, эквивалентная механической работе 1 Дж

Продолжение табл. 1

Величина				Единица
Наименование	Размерность	Обозначение		Наименование и определение
		русское	международное	
Производные единицы акустических величин				
Звуковое давление	$L^{-1}MT^{-2}$	Па	Pa	См. Паскаль
Акустическое сопротивление	$L^{-4}MT^{-1}$	Па·с/м³	Pa·s/m³	Паскаль-секунда на кубический метр — акустическое сопротивление канала, в котором объемная скорость 1 м³/с создается при звуковом давлении 1 Па
Удельное акустическое сопротивление	$L^{-2}MT^{-1}$	Па·с/м	Pa·s/m	Паскаль-секунда на метр — удельное акустическое сопротивление канала, в котором акустическое сопротивление 1 Па с/м³ создается при площади поперечного сечения 1 м²
Поток звуковой энергии, звуковая мощность	$L^{2}MT^{-3}$	Вт	W	Ватт — поток звуковой энергии, эквивалентный механической мощности 1 Вт
Интенсивность звука	MT^{-3}	Вт/м²	W/m²	Ватт на квадратный метр — интенсивность звука, при которой через поверхность площадью 1 м², перпендикулярно направлению распространения звука, передается поток звуковой энергии 1 Вт

2. Множители и приставки для образования десятичных дольных и кратных единиц

Наименование дольных единиц	Множитель	Обозначение	
		русское	международное
Атто	10^{-18}	а	a
Фемто	10^{-15}	ф	f
Пико	10^{-12}	п	p
Нано	10^{-9}	н	n
Микро	10^{-6}	мк	μ
Милли	10^{-3}	м	m
Санти	10^{-2}	с	c
Деци	10^{-1}	д	d
Дека	10	да	da
Гекто	10^{2}	г	h
Кило	10^{3}	к	k
Мега	10^{6}	М	M
Гига	10^{9}	Г	G
Тера	10^{12}	Т	T

Примечание. Приставки санти, деци, дека, гекто допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (например, сантиметр, дециметр, декалитр, гектар).

указывается, что кратные и дольные единицы образуются умножением или делением на 10 в степени n, где $n = 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18$. Наименование кратных и дольных единиц получают прибавлением указанных в табл. 2 приставок к наименованию основных и производных единиц.

Государственная система эталонов единиц измерений является основой единства и верности измерений физических величин, разработки методов и средств измерений во всех областях науки и техники.

В метрологических институтах разрабатывают, воспроизводят и хранят государственные эталоны основных и многих производных единиц измерений.

Государственные эталоны сосредоточены в основном во ВНИИМ и во ВНИИФТРИ. Все метрологические институты имеют рабочие эталоны для передачи значений единиц измерений рабочим приборам.

Единицей измерения длины является метр. Созданный во ВНИИМ комплекс аппаратуры для воспроизведения метра в длинах волн излучения криптона-86 официально принят с января 1968 г. В СССР единица длины поддерживается с относительной погрешностью $\pm(2 \div 3) \cdot 10^{-8}$ с помощью эталонного интерференционного компаратора для линейных измерений в длинах волн излучения криптона-86.

Эталон единицы массы — килограмм представлен массой международного прототипа килограмма. Платино-иридиевый эталон килограмма, хранящийся в СССР, сохраняет свою массу достаточно стабильно: за период с 1889 по 1948 г. масса эталона изменилась на $1{,}7 \cdot 10^{-8}$ кг. Погрешность измерения килограмма при сличениях составляет $\pm 2 \cdot 10^{-9}$ кг.

Единицей измерения времени является секунда. Государственный эталон времени и частоты состоит из группы атомно-молекулярных мер времени, кварцевых часов и устройств для сличения эталонных частот. Воспроизводимость частоты составляет $\pm(1 \div 5) \cdot 10^{-12}$.

Единицей силы тока является ампер. Ампер воспроизводится по электрическому взаимодействию токов в токовых весах с относительной погрешностью $\pm 10^{-5}$.

Единицей измерения температуры является кельвин. Погрешность воспроизведения температурной шкалы эталонным платиновым термометром сопротивления составляет:

в точке кипения кислорода (90,18 К или — 182,97° С) ±0,003 К;
в тройной точке воды (+0,01° С) ± 0,0002 К;
в точке кипения воды (100° С) ±0,0005 К;
в точке затвердевания цинка (419,505° С) ±0,0003 К.

Погрешность определения температуры газовым термометром составляет:
в точке кипения гелия (4,2 К) ±0,005 К;
в точке кипения кислорода (90,18 К) ±0,01 К;
в точке затвердевания золота (1336 К) ±0,2 К.

Единицей измерения силы света является кандела. Средняя квадратичная погрешность воспроизведения канделы составляет $\pm 10^{-3}$ (в других странах $\pm 5 \cdot 10^{-3}$).

Эталонами производных электрических единиц являются эталоны ома, вольта, генри и фарады.

Ом воспроизводится шестью манганиновыми катушками с сопротивлением, отличающимся от международного эталона на 0,2 мкОм (1963 г.). Внутри страны поддерживается с относительной погрешностью, не превышающей $\pm 10^{-7}$.

Вольт воспроизводится эталонной группой из двадцати насыщенных нормальных элементов, отличающихся от международного эталона на 8 мкВ. Внутри страны поддерживается с относительной погрешностью, не превышающей $\pm 5 \cdot 10^{-7}$.

Единица индуктивности воспроизводится группой катушек индуктивности номинального значения от 0,01 до 0,03 Г.

Единица емкости воспроизводится набором конденсаторов номинальной емкостью до 10^{-7} Ф.

3. Основные технические характеристики вибростендов, воспроизводящих механические колебания и измерения их параметров (амплитуды и частоты)

Характеристики	Тип установки			
	ВС300-11	В150	В1000	В50
Диапазон частот, Гц	50—10 000 0,1—50	500—2 000 50—10 000	700—1 000 300—10 000	10—50 5—75
Амплитуда, мкм	1—1000	1—500	0,10—10 0,20—20	1—1500
Допустимые ускорения, *g*	25	75	20	7,5—20
Грузоподъемность, кг	1	5	0,5	75
Боковые составляющие, %	1	1	0,5	1
Коэффициент нелинейных искажений, %	3	3	0,2	5
Направление колебаний	0—90°	0—300°	Вертикальное	Вертикальное

4. Характеристика наивысшей точности измерений в области электрических и магнитных величин

Измеряемая величина	Предел	Погрешность, %
Воспроизведение единицы силы тока	—	0,002
Сила постоянного тока	До 100 кА	0,2
Сила переменного тока промышленной частоты	3—10 кА	0,05—0,2
Сила тока при повышенной частоте	20 мкА—200А при частоте до 20 кГц	0,05—0,2
Воспроизведение единицы э. д. с.	—	0,002
Напряжение постоянного тока	До 20 кВ	0,002—0,2
Напряжение переменного тока повышенной частоты	До 2 кВ при частоте до 20 кГц	0,05—0,2
Мощность переменного тока	$25 \cdot 10^{-4}$ — 3000 ВА при частоте 50—20 000 Гц	0,2—0,3
Угол сдвига фаз	На частотах 0,001—10^7 Гц	0,5°—0,01°
Воспроизведение единицы электрического сопротивления	В абсолютной мере не воспроизводится	
Электрические сопротивления	10^{-6}—10^{14} Ом	10^{-4}
Емкость	1—10^7 пФ при частоте до 10 МГц	10^{-2}—10^{-3}
Индуктивность	10^{-6}—10 Г при частоте до 100 МГц	10^{-2}—10^{-3}
Тангенс угла потерь	$2 \cdot 10^{-5}$—10^{-3} при частоте 50 Гц—10 МГц	$4 \cdot 10^{-3}$
Напряженность магнитного поля	$2 \cdot 10^{-3}$—$2 \cdot 10^6$ А/м	0,002

Относительная погрешность воспроизведения единиц индуктивности и емкости составляет $\pm 2 \cdot 10^{-5}$.

Метрологические институты разработали методы и аппаратуру для обеспечения единства и правильности измерений. Разработаны методы точных измерений, необходимых для исследования, проектирования и испытания.

Параметры вибраций и ударов, угловых скоростей и ускорений для обеспечения надежности и долговечности механизмов и машин измеряются на вибростендах, основные характеристики которых даны в табл. 3.

Пределы и погрешности измерения электрических и магнитных величин даны в табл. 4, 5, 6.

5. Характеристика наивысшей точности, достигнутой в области радиотехнических измерений

Измеряемая величина	Частоты до, ГГц	Погрешность, %
Мощность	75	1
Ослабление	75	2
Мощность шума	1—10	4
Напряженность поля и плотность потока мощности	40	5—8
Коэффициент отражения	40	(0,005—0,01) абсолют.
Напряжение	3	1—5
Ток	0,5	1
Относительная диэлектрическая проницаемость	40	1—2
Тангенс угла диэлектрических потерь	40	5
Разность фаз	10	0,1—0,2°
Относительная магнитная проницаемость	0,2	2—5
Тангенс угла магнитных потерь	0,2	5—10
Активное сопротивление	0,2	1
Емкость	0,2	1—2
Индуктивность	0,2	1
Добротность	0,2	3—5
Длительность импульсов	—	$2 \cdot 10^{-10}$с
Амплитуда импульсов	—	10 (до 10^{-9}с)
Коэффициент усиления антенны	40	3—8

6. Характеристика метрологических работ в области измерения времени и частоты

Измеряемая величина	Воспроизведение или погрешность
Воспроизводимость частоты квантово-механическими мерами частоты	$(2—5) \cdot 10^{-12}$
Суточный ход и вариация кварцевых часов	$1 \cdot 10^{-11}$
Погрешность сличения эталонных частот	$5 \cdot 10^{-12}$
Погрешность поддержания номинального значения передаваемых частот	$1 \cdot 10^{-10}$
Погрешность синхронизации передающих радиостанций на коротких волнах	$1 \cdot 10^{-4}$с

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПРОИЗВОДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Известно, что даже самая совершенная измерительная аппаратура без правильного применения не дает того эффекта в производстве измерений, который мог бы быть при умелом ее использовании. При проведении измерений экспериментатор-испытатель должен ясно себе представить задачу, поставленную перед ним, уметь оценить методы решения и выбрать наиболее рациональный из них.

В радиоэлектронике чаще всего приходится измерять следующие величины:

параметры сигнала (ток, напряжение, мощность, фазу, частоту и др.);

параметры цепей и трактов (индуктивность, емкость, сопротивление активное и полное, ослабление и пр.);

характеристики устройств, которые показывают и определяют рабочие возможности радиоэлектронной аппаратуры.

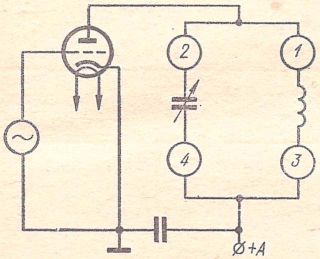


Рис. 1. Возможные варианты включения амперметра в контур.

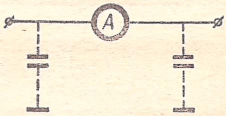


Рис. 2. Эквивалентная схема входной цепи амперметра.

Приступая к измерению, надо знать, **что** требуется **измерить** в устройстве, чтобы получить необходимые характеристические сведения об этом устройстве, и с **какой точностью** это измерение должно быть выполнено.

При измерении в электромагнитных полях на высоких и сверхвысоких частотах необходимо обращать особое внимание на условия взаимовлияния измерительного прибора и объекта измерения, так как это может привести к изменениям режимов работы объекта измерений и искажениям исследуемых параметров. Приступая к выполнению измерений, необходимо знать, **где** подключить прибор, не нарушая (практически) нормальных режимов работы и не внося заметных искажений в характеристики объекта измерения.

Примером может служить измерение тока в высокочастотном колебательном контуре при резонансе. Так как считают, что практически токи левой и правой ветвей контура равны, то любая из этих величин и определит ток. Казалось бы, что для измерения токов в контуре безразлично, куда включить амперметр, так как имеется четыре возможных варианта его включения (рис. 1).

Определим, какой ток будет измеряться и как изменится схема при включении амперметра в каждый из четырех разрывов в контуре. Считая, что амперметр имеет очень малое активное сопротивление, и учитывая емкость вводных клемм относительно его корпуса или земли (рис. 2), рассмотрим влияние амперметра на режим работы объекта измерения.

Если включить амперметр *1* (рис. 1) в разрыв цепи контура, то он расстроит контур и через него будет протекать высокочастотный ток расстроенного контура и постоянная составляющая анодного тока лампы. Показание амперметра не соответствует действительному значению тока в контуре.

Если включить в контур амперметр *2*, то постоянная составляющая анодного тока через него протекать не будет, а влияние емкостей, расстраивающих контур, останется. Следовательно, как и при первом включении, прибор будет показывать не то, **что** требовалось по условию. Если включить в контур амперметр *3*, то к току настроенного контура добавится постоянная составляющая анодного тока. И только при включении в цепь амперметра *4* наблюдается его наименьшее влияние на настроенный контур и измеряется только резонансный ток контура.

Чтобы получить искомую величину с необходимой точностью, следует применять измерительные приборы соответствующего класса точности. Прежде чем приступить к выполнению измерений, нужно знать, **чем** измерять ту или иную искомую величину и **какую** точность измерения должен обеспечить этот прибор.

Например, необходимо настроить передатчик на заданную частоту 1000 кГц, на которую по линии связи уже настроены с высокой точностью приемники с полосой пропускания 5 кГц (±2,5 кГц). Чтобы обеспечить нормальную работу линии связи и не оказаться за пределами полосы пропускания приемника, частота передатчика должна быть установлена с погрешностью меньше чем ±2,5 кГц (в относительных значениях 0,25%). Допустим, что частота должна устанавливаться с погрешностью 0,05%. Тогда измеритель частоты, по которому настраивается и контролируется передатчик, должен иметь бо́льшую точность, чем точность установки частоты передатчика. Например, погрешность такого контрольного частотометра должна быть меньше в 5 раз, а в относительных значениях эта погрешность должна быть не более чем ±0,01%.

Одним из важных условий получения достоверных измеренных значений является надежный и точный (в своем классе точности) измерительный прибор.

Работа с измерительным прибором начинается с изучения всех положений, относящихся к данному прибору.

При радиотехнических измерениях необходимо составить схему действительного расположения приборов с указанием всех соединительных проводов, которой и руководствоваться при установке приборов, подготовить рабочее место в соответствии с правилами ведения измерений. Необходимо обращать внимание на правильное расположение проводов, надежное их соединение и соответствующую для условий измерения изоляцию. Соединительные провода должны иметь заделанные наконечники или стандартные штыри, приспособленные для измерительных приборов.

Измерительные приборы и вспомогательные приспособления необходимо располагать так, чтобы они не влияли друг на друга и не подвергались трудноучитываемым влияниям со стороны. Следует применять (где это возможно) экранированные соединительные кабели для развязки цепей. Приборы должны располагаться так, чтобы удобно было производить отсчеты и манипулировать с подвижными частями. Шкалы приборов должны быть хорошо освещены и находиться в положении, исключающем параллакс. Все необходимые для работы принадлежности должны быть под руками и в полном порядке.

Положение самого наблюдателя должно быть естественным, не вызывающим быстрого утомления; случайное неловкое движение не должно сопровождаться риском, связанным с порчей приборов или нарушением их правильного действия, особенно при работе в затемненном помещении. Необходимо принять все меры предосторожности для себя (наблюдателя) при опасных условиях работы (высокое напряжение, рентгеновские лучи, движущиеся механизмы и т. д.). Все приборы и аппараты должны быть в правильном положении и устойчивы.

Прежде чем приступить к наблюдениям, необходимо наметить порядок следования отдельных манипуляций и отсчеты для исключения из измерений систематических погрешностей. Наблюдения беспорядочные с пропусками, излишняя торопливость и недостаток выдержки вредят делу. Это выражается иногда в форме особого доверия к прежде сделанным наблюдениям при выполнении повторных операций. Следует избегать перерыва начатой серии наблюдений, особенно когда от их регулярности зависит исключение систематических погрешностей.

Если измерения очень сложны и требуют много времени, необходимо их разбить на законченные части, которые должны выполняться без перерыва. При возникновении сомнений в правильности полученных наблюдений необходимо их повторить.

При измерениях высоких напряжений (свыше 300 В) с использованием специальных приспособлений к приборам должны быть приняты все меры по технике безопасности.

Будьте осторожны при работе с высоким напряжением!

Подключение высоковольтного щупа, делителя, вольтметра или другого измерительного прибора к измеряемому участку цепи, находящемуся под высоким напряжением, разрешается только при выключенном объекте измерения и полном обесточивании его емкостных накопителей.

Только после подсоединения прибора и готовности его к работе можно включить объект измерения. Перед включением объекта предупредить об этом всех присутствующих. Запрещается проводить любые переключения на приборе под напряжением свыше 300 В. Перед измерением высоких напряжений и включением высоковольтных электрических установок необходимо:

назначить ответственное лицо за опробование установки и включение напряжения;

проверить наличие комплекта защитных средств (резиновые диэлектрические перчатки, боты и коврики, изолирующие штанги, переносные заземления и пр.), предусмотренных для данного типа установки;

проверить исправность системы защитных заземлений;

измерить сопротивление изоляции установки.

Для безопасности необходимо.

металлический кожух прибора (вольтметра, делителя напряжения) надежно заземлить, используя специальные клеммы;

высоковольтный щуп, применяемый для измерения напряжения до 5—8 кВ, разрешается держать только в резиновых диэлектрических перчатках;

во время измерений все операции выполнять только одной рукой, вторая рука должна быть плотно прижата к телу;

при напряжениях свыше 5 –8 кВ применять специальные щупы на длинной заземленной штанге.

Во время измерений обязательно присутствие второго лица в соответствии с правилами техники безопасности.

ПЛАНИРОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ И ПРОТОКОЛЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Задача, стоящая перед исследователем, приступающим к измерению, состоит в выборе необходимой измерительной аппаратуры, рациональных методов и способов измерения, обеспечивающих требуемую точность. Поэтому важно планировать измерение так, чтобы получить надлежащий результат, избежав излишних затрат средств на точную аппаратуру, излишнего труда и времени на его выполнение. Планирование требует предварительного анализа предполагаемого измерения.

Нередко бывает, что некоторые величины сравнительно легко измеряются с большой точностью, для других же, наоборот, более или менее значительная точность достигается с большим трудом. В таком случае целесообразно планировать измерение так, чтобы все усилия были направлены на достижение необходимой точности наиболее трудноизмеряемых величин. Все остальные величины должны быть определены с вероятными погрешностями, ничтожно влияющими на точность окончательного результата.

Протоколы наблюдений должны вестись с особой тщательностью, так как они являются единственным документом, остающимся после выполнения измерения. В протоколе отмечается вид измерения и примененный метод, затем указывается дата и время измерений, наименования и номера приборов или другие отличающие их признаки.

Отсчеты необходимо записывать последовательно в виде таблицы так, как они были получены по измерительным приборам, без всяких пересчетов в уме, хотя бы простейших. В протоколах должны быть отмечены также все обстоятельства, которые могут оказать влияние на точность измерения. Ошибочные записи, промахи и сомнительные наблюдения следует зачеркивать, но так, чтобы зачеркнутое можно было разобрать.

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

При проведении испытаний неизбежно возникают погрешности, вследствие чего результаты измерений всегда выражаются приближенными числами. Учитывая погрешности, можно определить точность измерений.

Классификация погрешностей на систематические и случайные дает возможность произвести раздельно их учет и влияние на конечный результат измеряемой величины. Приборная систематическая погрешность при измерении каким-либо прибором определяется в первую очередь его классом точности $\alpha_{\text{п}}\%$.

Классом точности измерительного прибора является максимальная относительная приведенная погрешность, обычно выраженная в процентах, как отношение наибольшей абсолютной погрешности к пределу рабочей шкалы прибора.

Действительное значение измеренной величины $A_{\text{д}}$ с учетом приборной погрешности определяется по формуле

$$A_{\text{д}} = A_{\text{н}} \pm a = A_{\text{н}} \pm \frac{\alpha_{\text{п}}\%}{100\%} A_{\max},$$

где $A_{\text{н}}$ — номинальное показание прибора; a — абсолютная приборная погрешность; $A_{\max}$ — предел рабочей шкалы прибора.

Пример. При измерении тока амперметром на 5 А класса точности $\alpha_{\text{п}}\% = 4{,}0$ на шкале прибора зафиксировано номинальное значение $I_{\text{н}} = 3{,}8$ А. Действительное значение тока определится как

$$I_{\text{д}} = I_{\text{н}} \pm \frac{\alpha_{\text{п}}\%}{100\%} I_{\max} = 3{,}8 \pm 0{,}2A.$$

По степени точности измерительные приборы делятся на классы точности. Электроизмерительные приборы в соответствии с ГОСТ 1845—59* делятся на 8 классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Для электронноизмерительных приборов в соответствии с ГОСТ 9763—67* класс точности устанавливается в соответствии с видом измерения физической величины по формуле $\alpha_{\text{п}}\% = K \cdot 10^n$, где K — одно из чисел 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; n — одно из чисел 1; 0; —1; —2; —3 и т. д.

При измерениях неизбежны случайные погрешности, которые могут быть учтены. Точность измерения можно увеличить проведением многих повторных измерений одной и той же величины, одними и теми же средствами, при одних и тех же условиях.

Точность измерения при наличии только одних случайных погрешностей при условии, что систематические погрешности исключены, можно определить при n измерениях одной и той же величины.

Окончательный результат определится по формулам

$$A_{\text{д}} = A_{\text{ср}} \pm a, \text{ или } A_{\text{д}} = \frac{\sum A_i}{n} \pm \frac{2}{3}\sqrt{\frac{\sum a_i^2}{n(n-1)}},$$

$$\text{где } A_{\text{ср}} = \frac{\sum A_i}{n}; \quad a = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{\sum a_i^2}{n(n-1)}};$$

n — число проведенных измерений; A_i — значение измеряемой величины при i-ом измерении; a_i — случайное отклонение для i-го измерения ($a_i = A_i - A_{\text{ср}}$).

Пример. При десяти измерениях сопротивления катушки на постоянном токе получено десять значений R_i в омах (табл. 7).

Окончательный результат будет

$$R_д = 40{,}48 \pm \frac{2}{3}\sqrt{\frac{0{,}0070}{10\,(10-1)}} = 40{,}48 \pm 0{,}006 \text{ Ом}.$$

Погрешность может превзойти допустимую величину, если при измерениях были допущены промахи, вызванные невнимательностью наблюдателя и другими причинами. Когда измерения закончены, о наличии промахов приходится судить по чрезмерно большим отклонениям отдельных измерений по отношению к остальным.

7. Сопротивление катушки на постоянном токе

R_i	r_i	r_i^2
40,45	−0,03	0,0009
40,52	+0,04	0,0016
40,43	−0,05	0,0025
40,49	+0,01	0,0001
40,48	0,00	0,0000
40,50	+0,02	0,0004
40,46	−0,02	0,0004
40,51	+0,03	0,0009
40,47	−0,01	0,0001
40,49	+0,01	0,0001
$R_{ср} = 40{,}48$	$\sum r_i = {+0{,}11 \atop -0{,}11}$	$\sum r_i^2 = 0{,}0070$

Число измерений n одной и той же величины дает критерий Z (табл. 8), связывающий среднюю квадратичную погрешность σ с грубым измерением (промахом), где

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum a_i}{n-1}}.$$

Если какое-либо случайное отклонение $a_i > Z\sigma$, то измерение, определяющее эту грубую погрешность a_i, нужно отбросить, после чего заново произвести все вычисления ($A_{ср}$, a_i, a).

8. Критерий Z, определяющий промах при n измерениях

n	10	20	40	60	100	200	1000
Z	1,96	2,24	2,50	2,64	2,81	3,02	3,49

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Все измерения производят с ограниченной точностью. Следовательно, при обработке результатов измерений приходится иметь дело с приближенными числами и величинами.

Все математические действия с приближенными числами производят с точностью до величин малого порядка исходных данных, отбрасывая величины высшего порядка малости. Пользуясь этим правилом, можно значительно упростить технику вычислений и одновременно установить ряд простых приближенных формул для получения достаточно точных окончательных результатов.

Если α является малой величиной первого порядка малости по отношению к единице, то приближенные вычисления дают возможность определить результат

$$(1 \pm \alpha)^n = 1 \pm n\alpha$$

или

$$(1 \pm \alpha_1)(1 \pm \alpha_2) \cdots (1 \pm \alpha_n) = 1 \pm (\alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_n).$$

Основные математические действия с приближенными числами сведены в табл. 9. В таблице указаны действия с измеренными величинами и их результат $M = A_{\text{м}}(1 \pm \alpha_{\text{м}}) = A_{\text{м}} \pm a_{\text{м}}$, где a_1, a_2, ..., $a_{\text{м}}$ — абсолютная погрешность измеренной величины и результата; A_1 A_2, ..., $A_{\text{м}}$ — номинальное значение

9. Приближенные математические действия с возможными результатами измерений

Математическая операция	Погрешность	
	абсолютная (a)	относительная (α)
$M = A_1 + A_2 + \cdots$	$\pm(a_1 + a_2 + \cdots)$	$\pm \frac{a_1 + a_2 + \cdots}{A_1 + A_2 + \cdots}$
$M = A_1 - A_2$	$\pm(a_1 + a_2)$	$\pm \frac{a_1 + a_2}{A_1 - A_2}$
$M = A_1 A_2$	$\pm(a_1 A_2 + a_2 A_1)$	$\pm\left(\frac{a_1}{A_1} + \frac{a_2}{A_2}\right)$
$M = A^n$	$\pm n A^{n-1} a$	$\pm n \frac{a}{A}$
$M = \sqrt[n]{A}$	$\pm \frac{1}{n} A^{\frac{1}{n} - 1} a$	$\pm \frac{1}{n} \cdot \frac{a}{A}$
$M = \frac{A_1}{A_2}$	$\pm \frac{a_1 A_2 - a_2 A_1}{A_2^2}$	$\pm\left(\frac{a_1}{A_1} + \frac{a_2}{A_2}\right)$
$M = \sin A$	$\pm a \cos A$	$\pm a \operatorname{ctg} A$
$M = \cos A$	$\pm a \sin A$	$\pm a \operatorname{tg} A$
$M = \operatorname{tg} A$	$\pm \frac{a}{\cos^2 A}$	$\pm \frac{2a}{\sin 2A}$
$M = \operatorname{ctg} A$	$\pm \frac{a}{\sin^2 A}$	$\pm \frac{2a}{\sin 2A}$
$M = cA$	$\pm ca$	$\pm \frac{a}{A}$

измеренной величины и результата; $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{\text{м}}$ — относительная погрешность измеренной величины и результата.

Точность окончательного результата вычислений не может быть выше точности исходных данных.

Пример. При определении мощности, потребляемой нагрузкой R, были измерены напряжение на нагрузке $U_{\text{д}} = U_{\text{н}}(1 \pm \alpha_U)$ и сопротивление нагрузки $R_{\text{д}} = R_{\text{н}}(1 \pm \alpha_R)$.

Мощность для чисто активной нагрузки можно определить по формуле

$$P = \frac{U^2}{R},$$

но $$U_{\text{д}} = U_{\text{н}}(1 \pm \alpha_U) \text{ и } R_{\text{д}} = R_{\text{н}}(1 \pm \alpha_R),$$

тогда $P_{\text{д}} = P_{\text{н}}(1 \pm \alpha_P)$,

где $P_{\text{н}} = \dfrac{U_{\text{н}}^2}{R_{\text{н}}}$ и $\alpha_P = 2\alpha_U + \alpha_R$.

ОТЧЕТ

Важное значение имеет также хорошо составленный отчет о работе в форме статьи или доклада. В отчете необходимо пользоваться лишь установившимися терминами (новые термины, связанные с новыми физическими явлениями, поясняются подробнее) и обозначениями величин в формулах, при этом следует руководствоваться установленными стандартами.

Теоретические обоснования должны ясно освещать экспериментальную сторону работы. Методы измерения и измерительная аппаратура должны быть описаны подробно и проиллюстрированы схемами и рисунками. Все изменения в методах и измерительной аппаратуре, произведенные для данного измерения, должны быть указаны. Полезно указать встретившиеся затруднения и способы их преодоления.

Цифровой материал необходимо приводить с большой тщательностью, располагая его в виде таблиц, позволяющих произвести оценку эксперимента. Полученные зависимости по возможности представлять графиками. Для всех числовых результатов необходимо указывать их точность.

В заключительной части отчета должны быть приведены выводы, составляющие суждение о рациональной постановке эксперимента и его точности.

Отчет должен быть полным, но не многословным.

ГЛАВА II

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ (подгруппа В)

Напряжение на различных участках электрической цепи есть разность потенциалов на границах этих участков. Если цепь разомкнута, то разность потенциалов на концах разомкнутой цепи составляет э. д. с. источника. Напряжение и э. д. с. бывают постоянными (не меняющимися во времени) и переменными.

Переменные напряжения, которые приходится измерять, делят на три вида.

Напряжение видеосигнала, представляющее собой периодическое колебание, может быть записано в следующем виде:

$$u_x = \sum_{k=0}^{n} U_{mk} e^{j(k\omega t + \varphi_k)}, \quad k = 0, 1, 2, 3\ldots$$

Для $k = 0$ при $U_{m0} \neq 0$ видеосигнал содержит постоянную составляющую.

Напряжение радиосигнала, представляющее собой также периодическое колебание сложной формы, записывается формулой

$$u_x = \sum_{k=0}^{n} U_{mk} e^{j[(\omega_0 \pm k\Omega)t + \varphi_k]}.$$

Напряжение шумов, представляющее собой сложную непериодическую форму изменений, может быть записано формулой

$$u_x = \sum_{k=0}^{\infty} U_{mk} \sin(\omega_k t + \varphi_k),$$

где k — составляющие сплошного спектра шумов.

Критериями измеряемого напряжения любой формы служит связь с постоянным напряжением:

по одинаковому эффекту теплового действия (U);

по среднему значению за каждый полупериод (U_0);

по максимальному значению за каждый полупериод (U_m).

Для синусоидального напряжения с амплитудой U_m существует связь между этими тремя значениями:

эффективное напряжение $U = (U_{\text{эфф}}) = \dfrac{U_m}{\sqrt{2}}$;

средневыпрямленное напряжение за один полупериод $U_0 = (U_{\text{ср}}) = \dfrac{U_m}{\pi}$ или $U_0 = \dfrac{\sqrt{2}}{\pi} U$.

Для напряжения сложной формы его эффективное значение можно записать в более общем виде:

$$U = \sqrt{U_0^2 + \sum_{k=1}^{n} \frac{U_{mk}^2}{2}} = \sqrt{\sum_{k=0}^{n} U_k^2},$$

где U_0 — напряжение постоянной составляющей; U_{mk} — амплитуда напряжения k-й гармоники.

Средневыпрямленное напряжение за период

$$U_0 = \sum_{k=1}^{n} \frac{U_{mk}}{\pi} \text{ при } \varphi_k = 0,$$

где φ_k — сдвиг фазы напряжения k-й гармоники.

Если сдвиг фаз составляющих сложной формы напряжения $\varphi_k \neq 0$, то эффективное значение напряжения будет определяться однозначно по приведенной выше формуле и не будет зависеть от φ_k. Средневыпрямленное напряжение будет зависеть от φ_k и тем сильнее, чем соизмеримее напряжение высших гармоник с напряжением первой гармоники.

Приборы для измерения напряжения (электронные вольтметры, ГОСТ 9781—67*) по назначению делятся на вольтметры постоянного тока; переменного тока и импульсного тока (видеоимпульсов или радиоимпульсов).

По характеру измеряемого напряжения электронные вольтметры делятся на вольтметры действующих (эффективных), средних (средневыпрямленных) и амплитудных значений.

Все вольтметры переменного тока имеют шкалы, отградуированные в эффективных значениях синусоидального напряжения. Вольтметром измеряется напряжение на участке цепи или нагрузке (рис. 3, *а*), которое можно записать в соответствии с эквивалентной электрической схемой (рис. 3, *б*).

До подключения вольтметра

$$U_x = E\frac{R_н}{R_i + R_н}.$$

С подключенным вольтметром

$$U'_x = E\frac{\dfrac{R_н R_V}{R_V + R_н}}{R_i + \dfrac{R_н R_V}{R_н + R_V}}.$$

Относительная погрешность метода измерения определится как

$$\alpha_V = \frac{U'_x - U_x}{U_x}.$$

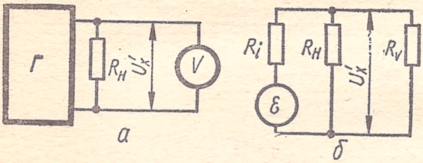


Рис. 3. Схема подключения вольтметра к участку цепи (*а*) и ее эквивалентная схема (*б*).

После подстановки и несложных преобразований получим

$$\alpha_V = \frac{1}{1 + R_V\left(\dfrac{1}{R_i} + \dfrac{1}{R_н}\right)}.$$

Погрешность $\alpha_V \to 0$, если $R_V\left(\dfrac{1}{R_i} + \dfrac{1}{R_н}\right) \to \infty$. Практически, чтобы не влиять на режим работы объекта измерения, достаточно иметь

$$R_V\left(\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_н}\right) \gg 1 \quad \text{или} \quad \frac{1}{R_V} \ll \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_н}.$$

Если ограничиться условием $\dfrac{1}{R_V} \ll \dfrac{1}{R_н}$ или $R_V \gg R_н$, то можно считать, что сопротивление входной цепи вольтметра R_V должно быть много больше, чем сопротивление того участка цепи $R_н$, на котором измеряется напряжение. Например, при сопротивлении входной цепи вольтметра, в тысячу раз большем сопротивления участка цепи, на котором измеряется напряжение, относительная погрешность метода будет меньше 0,001 (0,1%).

Основные характеристики приборов для измерения напряжения приведены в табл. 10.

10. Основные характеристики приборов для измерения напряжения

Установки для поверки вольтметров

Тип прибора	Выходное напряжение, В	Частоты выдаваемых напряжений, Гц	Погрешность выходного напряжения
В1-1	0,05—1,5	10^3—10^9	0,01% + 5 мВ
В1-2	0,0005—300 изменяется дискретно	55, 400, 1000 и постоянный ток обеих полярностей	0,015% + 30 мкВ 0,01% + 30 мкВ (с внешним прибором)
В1-4	10^{-5}—300 изменяется дискретно	55, 400, 1000 и постоянный ток обеих полярностей	0,005% + 3 мкВ на переменном токе; 0,003% + 3 мкВ на постоянном токе

Вольтметры постоянного тока

Тип прибора	Пределы измерения, В	Погрешность измерения, %	Входное сопротивление, МОм
В2-3	10^{-4}—1	4	2—5
В2-5	0,005—30	6—10	10^{13} (12 пФ)
ВК2-6 (цифровой)	0,01—1000 $R = 0,01 \div 1999$ кОм	0,2 0,3	1
В2-7	0,50—5000	0,02—0,6	До 500 В низкоомный делитель. Свыше 500 В высокоомный делитель с катодным повторителем
В2-8 (цифровой)	0,001—1000	0,15	0,99—9,9
В2-9 (цифровой)	0,001—999	0,3	0,1; 1; 10; 9
ВК2-10	$3 \cdot 10^{-5}$ $I = 3,10^{-11} \div 10^{-3}$А	4	1
В2-11	$5 \cdot 10^{-6}$—1	6—1	10; 30; 100; 300
В2-13	1,2—1000	1—10	10 кОм/В
В2-14 (цифровой)	10^{-4}—1000	0,05	10; 1
ВК2-16	10^{-4}—30 $I = 2 \cdot 10^{-16} \div 3 \cdot 10^{-7}$А $Q = 10^{-15}$Кл	4—2,5 10	10^{10} (30 пФ)
ВК2-17 (цифровой)	0,001—1000 $R = 10 \div 1,999 \cdot 10^6$ Ом	0,25—0,20 0,25	0,18; 1,047; 10,05
В2-19 (цифровой)	10^{-4}—1000	0,05	1000; 10

Вольтметры переменного тока

Тип прибора	Пределы измерения, В	Диапазон частот, Гц	Погрешность измерения, %	Входное сопротивление, МОм
В3-2А	0,001—300	20—10^6	3	1,8
В3-3	0,001—1, с делителем до 100	30—10^7	3	1
В3-4	0,0008—1, с делителем до 100	40—$3\cdot10^7$	2,5—15	1 (12 пФ)
В3-5	10^{-5}—1	20—10^6	4—10	0,6—0,9 (25—12 пФ)
В3-6	$1,5\cdot10^{-4}$—200	5—10^6	6—10	5 (25 пФ)
В3-7	$3\cdot10^{-4}$—300	20—$2\cdot10^5$	4—6	2 (25 пФ)
В3-9	0,02—1,25	20—$3\cdot10^8$	$0,2+0,008/U_x$	0,33 (1 пФ)
В3-10А	0,03—300	50—$2\cdot10^4$	4—8	0,02
В3-12	0,005—300	10^5—$3\cdot10^8$, до 10^9 как индикатор	4—12	0,01 (2 пФ)
В3-13	$3\cdot10^{-4}$—300	20—10^6	4—6	1—1,6 (25—15 пФ)
В3-14	$3\cdot10^{-4}$—1, с делителем до 100	30—10^7	6—4—6	1—0,01 (15 пФ)
В3-15	$1,5\cdot10^{-4}$—5, с делителем до 200	50—$3\cdot10^8$, до 10^9 как индикатор	6—4—10	$(1,5—1,5—5)\cdot10^{-3}$ (3 пФ)
В3-19	$3\cdot10^{-4}$—0,3, с делителем до 300	20—$5\cdot10^6$	3—6—10	1 (15 пФ)
В3-20	0,002—300	50—$2\cdot10^5$	1,5	1 (25 пФ)
В3-21 измеритель отношения)	$\dfrac{10^{-6}—0,1—10^{-4}—1}{10^{-3}—0,1}$	1000±40	4	$0,3\cdot10^{-3}$
В3-22 (измеритель отношения)	$\dfrac{2\cdot10^{-6}—0,05}{10^{-3}—0,05} = 10^{-3}—1$	$(100\pm1)\cdot10^3$	4	$0,3\cdot10^{-3}$
В3-23	0,5—300	100—10 000	1,5	0,5 (60 пФ)
	0,01—300 (в режиме преобразования)	40—10^5	0,2—1—0,5	
В3-24	0,02—100	20—10^9	0,2—0,8—1—1,5—2,5—3—3,7—4	0,15—0,08 (1,5 пФ)
Б3-25	0,003—3	10^3—10^9	4—6—10—15	0,1—0,05—0,02 (1,5 пФ)
ВК3-27	U=0,03÷100, с делителем до 300	10^3—$3\cdot10^7$	2,5	0,1 (1,5—20 пФ)
	R=1÷3·10 ГОм		1,5—2,5	

Вольтметры импульсные

Тип прибора	Пределы измерения, В	Погрешность измерения, %	Длительность импульса, мкс	Частота повторения, Гц	Скважность	Входное сопротивление
В4-1А	10^{-3}—3, с делителем до 300	4—8	1—200	Более 50	100—2500	1000 (10 пФ)

Тип прибора	Пределы измерения, В	Погрешность измерения, %	Длительность импульса, мкс	Частота повторения, Гц	Скважность	Входное сопротивление
В4-2	3—150, с делителем до 500	4—6	0,1—300	Более 20	50—2500	(0,2—20)$\cdot 10^3$ (14 пФ)
В4-3	$3\cdot 10^{-4}$, с делителем до 100	4—7	1—200	50—10^4	2—2500	1000 (11 пФ)
В4-4	3—150	4—6—10—12	0,01—200	20—10^4	Более 2	5000 (2,5—8 пФ)
В4-6 (цифровой)	1—300	5	0,2—1000	Менее 10	—	500 (40 пФ)
В4-7 (цифровой)	1—150	0,5%+0,1 В	Более 1	20—10^5	—	0,05; 0,075; 0,15; 1 (35 пФ)
В4-8	1—300	4—6	(0,5—50) $\times 10^3$	Менее 20	—	500 (60 пФ)
В4-9А	1—20, с делителем до 200	2,5—4—10	Более 0,001	1—$3\cdot 10^8$	2—$3\cdot 10^8$	0,075; 50; 500 (3 пФ)
В4-10	(2—75)$\cdot 10^{-3}$	4—6—10	0,5—100	16—10^4	40—10^5	(15 пФ)
В4-11	1—150	0,2—13	1—25	20—$5\cdot 10^5$	2—10^6	33 кОм/В; 1,1 МОм/В (1,5 пФ)
В4-12	$3\cdot 10^{-4}$—1, с делителем до 100	4—6	0,1—300	50—10^5	2—$2\cdot 10^5$	1000 (10 пФ)
В4-13	1—150	0,5%+ +0,02 В	Более 0,1	10—15^5	—	0,05; 0,075; 1; 1000 (32 пФ)

Вольтметры фазочувствительные

Тип прибора	Пределы измерения, В	Диапазон частот, Гц	Погрешность измерения, %	Входное сопротивление, МОм
В5-1	0,005—15	20—$20\cdot 10^3$	3	50 (12 пФ)
В5-2	0,01—150	0,5—1000	3	1; 2

Вольтметры селективные

Тип прибора	Пределы измерения, мкВ	Диапазон частот, кГц	Погрешность измерения, %	Входное сопротивление, МОм
В6-1	2—10^4, с делителем до 10^6	150—$35\cdot 10^3$	12—15—25	0,5; 0,01 (10 пФ)
В6-2	1—$3\cdot 10^8$	0,02—200	10	0,5 (25 пФ)
В6-4	3—$3\cdot 10^6$	0,02—30	6	1 (100 пФ)
В6-5	0,2—10^4, с делителем до 10^6	100—$35\cdot 10^3$	4	0,5 (8 пФ)
В6-6	1—$3\cdot 10^8$	0,02—200	6—10—15	0,5 (25 пФ)

Вольтметры универсальные

Тип прибора	Пределы измерения	Диапазон частот, Гц	Погрешность измерения, %	Входное сопротивление, МОм
ВК7-1	$U = 10 \div 1000$ В	40—10 000	5—2,5	3—10 кОм/В
	$I = 10^{-5} \div 3$ А		2,5	
	$R = 1 \div 10^6$ Ом		2,5	
В7-2	$U = 0{,}1 \div 150$ В	$20—4 \cdot 10^8$	3	100; 0,05 (7пФ)
ВК7-3	$U = 0{,}1 \div 1000$ В	$0; 50—6 \cdot 10^7$	3—12	11; 4,4 (7 пФ)
	$R = 1 \div 10^8$ Ом	0	10—12	—
	$L = 0{,}1 \div 10^5$ Г	50 и более	15	—
	$C = 100$ пФ $\div 10$ мкФ	50 и более	15	—
ВК7-5 (цифровой)	$U = 10$ мВ $\div 999$ В	0; 30—10 000	0,1; 0,5—0,7	10; 0,5 (60 пФ)
	$R = 10 \div 10^6$ Ом	0	0,1	—
ВК7-6	$U = 0{,}1 \div 1000$ В	$0; 40—4 \cdot 10^8$,	4—10—15	1—30 МОм/м
	$I = 10^{-7} \div 1$ А	до 10^9 как индикатор	4	3 кОм/В
	$R = 10$ Ом $\div 10$ МОм	0	4	—
В7-8 (цифровой)	$U = 1$ мВ $\div 1000$ В	$0; 20—20 \cdot 10^3$	0,1—0,3—0,5	1 (120 пФ)
ВК7-9	$U = 0{,}1 \div 1000$ В	$0; 20—7 \cdot 10^8$	2,5—4—6	15; 3 (20 пФ)
ВК7-9Т	$R = 2 \div 10^9$ Ом	0	2,5—4	—
ВК7-10А/1 (цифровой)	$U = 1$ мВ $\div 1000$ В	0; 20—20 000	0,1—0,2—1	1 (150 пФ)
	$R = 0{,}1 \div 10^7$ Ом	0	0,3—0,4	—
В7-11 (цифровой)	$U = 0{,}1$ мВ $\div 300$ В	0; 40—20 000	0,2—0,5	1—10; 0,05—0,9 (150 пФ)
В7-12 (цифровой)	$U = 0{,}1$ мВ $\div 999$ В	0; 50—50 000	0,5—1—3	10; 0,09—0,9 (150 пФ)
	$U_{шум} = 0{,}1$ мВ $\div$ $\div 99{,}9$ В	50—50 000	5—10	—
ВК7-13	$U = 1$ мВ $\div 1$ кВ	$0; 20—10^9$— индикатор	2,5—4—6—10—15—25	13,5; 1,5; 0,3—0,2—0,1 (2—25—60 пФ)
	$I = 10^{-7} \div 15$ А при $U = 300$ мВ	0; 20—5000	2,5—6—10	—
	$R = 1 \div 3 \cdot 10^7$ Ом	0	2,5	—
ВК7-15	$U = 30$ мВ $\div 1$ кВ	$0; 20—7 \cdot 10^8$	2,5—4—6	15; 3—0,05 (1,8—10 пФ)
	$R = 10 \div 10^9$ Ом	0	2,5—4	

ВОЛЬТМЕТРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Вольтметр постоянного тока ВК2-6 с цифровой индикацией

Предназначен для измерения напряжения постоянного тока и омического сопротивления.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения напряжения от 0,01 до 1000 В.
2. Пределы измерения сопротивлений от 0,1 до 1999 кОм.
3. Основная погрешность измерения:

0,2% + единица последнего знака при измерении напряжений;

0,3% + единица последнего знака при измерении сопротивлений.

4. Погрешности (п. 3) гарантируются при следующих условиях:

при измерении постоянного напряжения его пульсации с частотой 50 Гц и выше не должны превышать 0,1%;

при измерении сопротивления емкость, включенная параллельно измеряемым сопротивлениям, не должна превышать:

для 0,01 — 10 кОм 1 мкФ;

для 10 — 100 кОм 0,1 мкФ;

для 100 — 1999 кОм 0,01 мкФ;

индуктивность, включенная последовательно с измеряемым сопротивлением, не должна превышать 1 Г.

5. Дополнительная погрешность:

не более 0,2% на 10° С в пределах температур от —30 до +40° С за счет отклонения температуры окружающего воздуха от 20 ± 5° С;

не более ±0,8% ± две единицы последнего знака за счет повышения влажности окружающего воздуха до 95%.

6. Входное сопротивление при измерении напряжения не менее 1 МОм (при балансе).

7. Время одного измерения не более 3 с.

8. Питание прибора от сети переменного тока напряжением 220 В ± 10% при частоте 50 ± 0,5 Гц и 220 В ± 3% или 115 В ± 3% при частоте 400 Гц — 3%. Потребляемая мощность около 70 ВА.

9. Вес прибора 15 кг, габаритные размеры 325×220×415 мм.

Принцип работы

Прибор ВК2-6 электромеханического типа с циклическим действием. Предел измерения и полярность выбираются автоматически.

При измерении напряжения в начале отработки выбирается полярность, которая определяется нуль-индикатором после отключения опорного напряжения от измерительных цепей. При положительной полярности входного напряжения переключений в схеме не происходит. При отрицательной полярности происходит переключение полярности опорного напряжения и выходных устройств нуль-индикатора. После этого выбирается предел измерений.

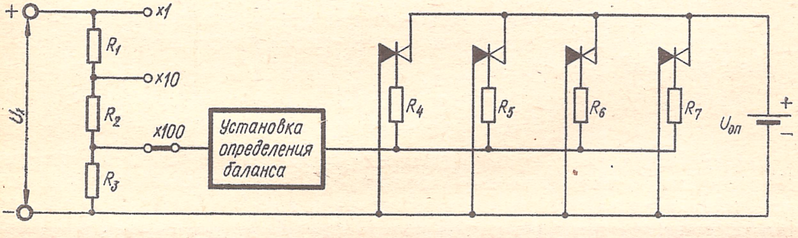


Рис. 4. Упрощенная схема вольтметра ВК2-6.

Исходным положением входного делителя (R_1—R_3) является позиция «×100» (рис. 4).

Опорное напряжение делится специальным делителем с коэффициентом деления 1 : 10. Если при этом измеряемое напряжение U_x меньше 180 В (максимальное показание на пределе ×10), то выбирается предел ×10. Если напряжение больше 180 В, включенным остается предел ×100. Аналогично работает схема при выборе предела ×1 при измеряемом напряжении 18 В.

Компенсационное напряжение снимается с звездообразного потенциометра, состоящего из трех декад, содержащих четыре сопротивления весом 2, 4, 2, 1 и добавочной декады с одним сопротивлением весом 1.

Схема выбора предела работает следующим образом.

В исходном состоянии резисторы R_4—R_7 отключены от источника опорного напряжения и в установку определения баланса компенсационное напряжение не подается. Затем к источнику опорного напряжения подключается R_4. Если при этом компенсационное напряжение, определяемое формулой

$$U_{\text{к}} = U_{\text{оп}} \frac{\frac{1}{R_4}}{\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7}},$$

окажется меньше измеряемого напряжения, то R_4 остается включенным, а параллельно ему включается R_5 и т. д. Если компенсационное напряжение окажется больше, то R_4 отключается, а включается R_5. Такой подбор сопротивлений происходит до тех пор, пока компенсационное напряжение не станет равным измеряемому.

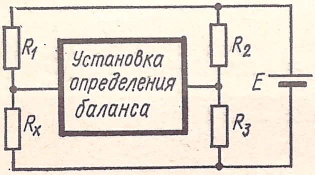


Рис. 5. Упрощенная схема килоомметра ВК2-6.

Измерительный блок омметра выполнен в виде одинарного четырехплечего моста, в одно из плеч которого включается измеряемое сопротивление R_x (рис. 5). К одной диагонали моста подключается нуль-индикатор, а к другой подводится напряжение питания моста.

Баланс моста $\left(\frac{R_x}{R_3} = \frac{R_1}{R_2}\right)$ достигается изменением сопротивлений плеч моста. Сначала подбирают R_1. После его установки автоматически подбирают R_2, в качестве которого используются те же резисторы, что и в потенциометре. При подборе R_2 сначала включается сопротивление весом 1 добавочной декады. При недобалансе моста параллельно ему включается сопротивление весом 2 второй декады. При перебалансе сопротивление добавочной декады отключается и включается сопротивление весом 2 второй декады и т. д., пока не исчезнет напряжение на нулевой диагонали моста.

Реле, переключающее R_1, устанавливает место запятой, а сопротивление R_2 — численное значение измеряемого сопротивления, при котором соблюдается условие равновесия моста:

$$R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}.$$

Реле и сопротивления переключаются блоком управления, состоящим из коммутационной системы и датчика программы. В качестве коммутационной системы использованы электромагнитные реле РЭС-9. При помощи контактов этих реле переключают резисторы измерительного блока, включается соответствующая лампочка в цифровом блоке, а также фиксируется положение реле. В качестве датчика программы применено реле-искатель, при помощи которого по очереди принудительно срабатывают все коммутационные реле.

Нуль-индикатор предназначен для управления реле, коммутирующих сопротивление моста. Информация о перебалансе или недобалансе моста передается в виде положительного или отрицательного импульса через импульсный усилитель.

Принцип работы нуль-индикатора состоит в следующем.

В начале цикла измерения срабатывает реле-искатель и переходит в следующее положение. Через реле-искатель включается реле, коммутирующее сопротивление измерительного блока. После этого должно сработать реле P_{33} (рис. 6) и дать сигнал разбаланса моста. При положительной полярности напряжения разбаланса зажигается тиратрон, включенный параллельно с обмоткой реле, и замыкает ее. Реле отпускается. При отрицательной полярности — зажигается другой защитный тиратрон и реле остается включенным.

В источнике опорного напряжения (10,5 В) использованы кремниевые стабилитроны.

Для уменьшения погрешности от временной нестабильности источника опорного напряжения на переднюю панель прибора (рис. 7) выведен регулятор с обозначением «калибровка».

В приборе ВК2-6 применен однострочный индикатор проекционного типа, состоящий из четырех блоков, три из которых содержат цифры от «0» до «9» и запятую, а четвертый — знаки кΩ, +, —, +1, —1. В блоках для каждого знака и цифры имеется одна лампочка накаливания, конденсор и объектив. Цифры нанесены на конденсорные линзы. Проектирование всех цифр одного блока на одно место на экране достигается объемным расположением линз и лампочек относительно экрана.

Спецификация к принципиальной схеме прибора ВК2-6 приведена в табл. 11.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 7). Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети установить в положение выключено.
2. Убедиться в соответствии положения предохранителя-переключателя сети напряжению сети.
3. Подключить кабель питания к сети.
4. Включить питание прибора, переведя тумблер в положение «вкл.». При этом должен появиться отсчет 1999. Дать прибору прогреться в течение 15 мин.

Измерение напряжения

Для измерения напряжения необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить переключатель вида измерений в положение «V».
3. Подвести измеряемое напряжение к гнезду «вход».
4. Нажать кнопку «запуск». При необходимости дистанционного управления запуском прибора замыкающую кнопку подключают к гнездам «запуск».
5. После установления изображения на индикаторе прочесть значение измеряемого напряжения.

Измерение сопротивлений

Для измерения сопротивления необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель вида измерений установить в положение «кΩ».
3. Подключить измеряемое сопротивление к гнезду «вход».

При измерении сопротивлений более 100 кОм измеряемое сопротивление следует вложить в экранированный корпус. Корпус соединить с клеммой заземления.

4. Нажать кнопку «запуск». Если необходимо дистанционное включение прибора, замыкающую кнопку подключить к гнездам «запуск».
5. После установления изображения на индикаторе прочитать значение измеряемого сопротивления.

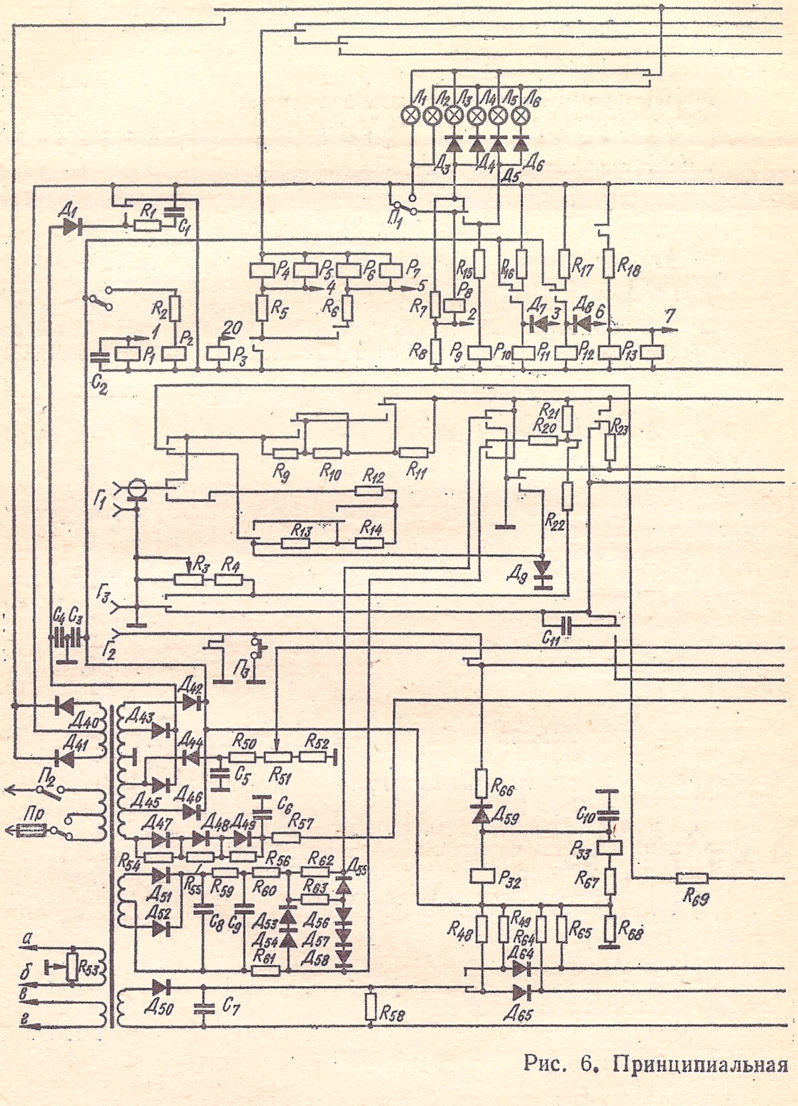

Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Д3
Д4
Д5
Д6
П1
Д1
R1
C1
R2
1
P1
P2
C2
20
P3
P4
P5
4
P6
P7
5
R5
R6
R7
R8
R15
P8
2
P9
P10
R16
Д7
3
Д8
6
R17
R18
7
P11
P12
P13
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R21
R20
R23
R22
Д9
Г1
Г3
Г2
R3
R4
C4
C3
C11
П3
Д42
Д40
Д41
Д43
Д44
R50
R52
C5
R51
П2
Пр
Д45
Д46
C6
Д47
Д48
Д49
R57
R54
R56
R62
Д55
Д51
R55
R59
R60
R63
Д52
C8
C9
Д53
Д56
Д54
Д57
R61
Д58
а
б
R53
в
г
Д50
C7
R58
R66
Д59
C10
P33
R67
P32
R69
R48
R49
R64
Д64
R65
R68
Д65

Рис. 6. Принципиальная

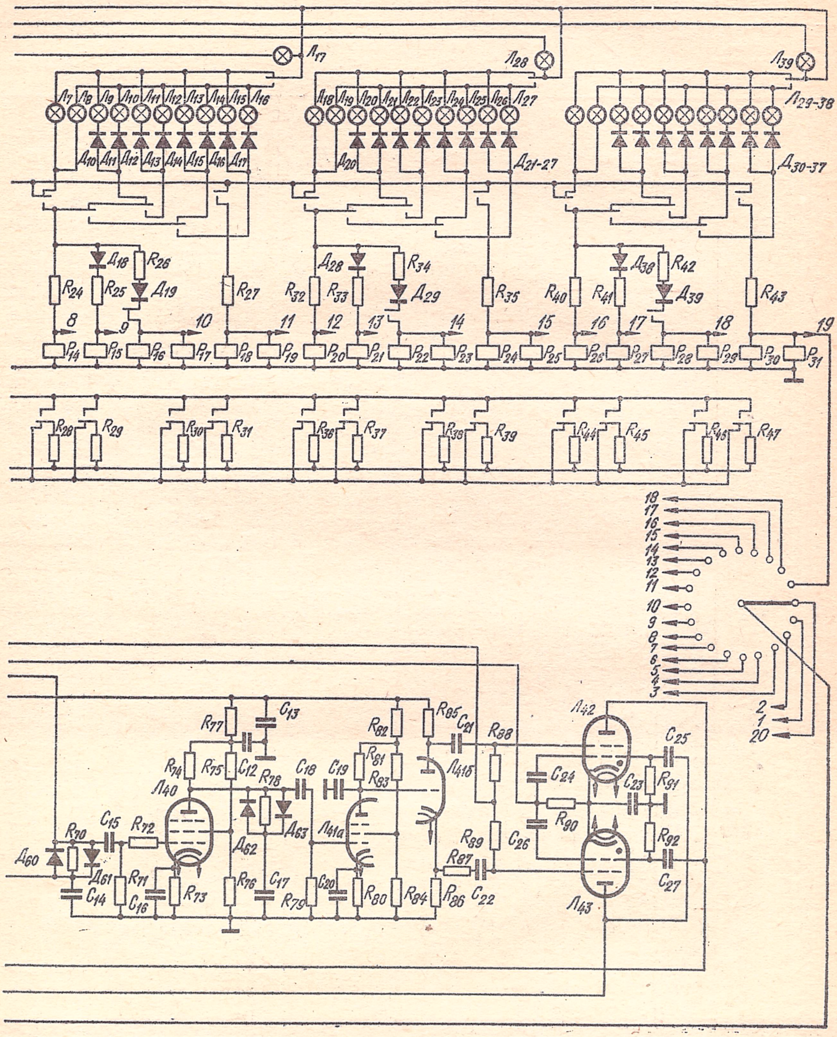

Л17
Л28
Л39
Л7 Л8 Л9 Л10 Л11 Л12 Л13 Л14 Л15 Л16
Л18 Л19 Л20 Л21 Л22 Л23 Л24 Л25 Л26 Л27
Л29-38
Д10 Д11 Д12 Д13 Д14 Д15 Д16 Д17
Д20
Д21-27
Д30-37
Д18
R26
Д19
R24
R25
R27
Д28
R34
R32
R33
Д29
R35
Д38
R42
R40
R41
Д39
R43
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
Р14 Р15 Р16 Р17 Р18 Р19 Р20 Р21 Р22 Р23 Р24 Р25 Р26 Р27 Р28 Р29 Р30 Р31
R28 R29 R30 R31 R36 R37 R38 R39 R44 R45 R46 R47
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
20
Л42
C25
C13
R77
R82
R85
C21
R88
R74
R75
C12
R78
C18
C19
R81
R83
Л41б
C24
C23
R91
Л40
R70
C15
R72
Д62
Д63
Л41а
R90
Д60
Д61
R71
R73
R76
C17
R79
C20
R80
R84
R86
R87
C22
R89
C26
R92
C27
Л43
C14
C16

схема прибора ВК2-6.

11. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа ВК2-6

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МЛТ-0,5	680 Ом	R_{59}	МЛТ-0,5	300 Ом
R_2	МЛТ-1	4,3 кОм	R_{60}, R_{61}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_3	Проволочный	1250 Ом	R_{62}, R_{63}	Проволочный	1 кОм
R_4	»	10 кОм	R_{64}, R_{65}	МЛТ-0,5	51 кОм
R_5, R_6	МЛТ-0,5	1 кОм	R_{66}	МЛТ-2	2×2 кОм
R_7	МЛТ-2	470 Ом	R_{67}	МЛТ-0,5	1 кОм
R_8	МЛТ-1	2 кОм	R_{68}	МЛТ-0,5	51 кОм
R_9	МВСГ-0,25	1 МОм	R_{69}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_{10}	МВСГ-0,25	100 кОм	R_{70}	МЛТ-0,5	300 кОм
R_{11}	МВСГ-0,25	10 кОм	R_{71}, R_{72}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{12}	МВСГ-0,5	800 кОм	R_{73}	МЛТ-0,5	1 кОм
R_{13}	МВСГ-0,25	50 кОм	R_{74}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_{14}	МВСГ-0,25	500 кОм	R_{75}	МЛТ-0,5	51 кОм
R_{15}—R_{17}	МЛТ-1	2 кОм	R_{76}	МЛТ-0,5	24 кОм
R_{18}	МЛТ-2	1 кОм	R_{77}	МЛТ-0,5	4,7 кОм
R_{20}	МВСГ-0,25	150 кОм	R_{78}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_{21}	МВСГ-0,25	100 кОм	R_{79}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{22}	МВСГ-0,25	20 кОм	R_{80}	МЛТ-0,5	1 кОм
R_{23}	МВСГ-0,25	20 кОм	R_{81}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_{24}	МЛТ-1	2 кОм	R_{82}—R_{86}	МЛТ-0,5	24 кОм
R_{25}	МЛТ-1	2 кОм	R_{87}	МЛТ-0,5	51 кОм
R_{26}, R_{27}	МЛТ-2	1 кОм	R_{88}, R_{89}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{28}	МВСГ-0,25	100 кОм	R_{90}	МЛТ-0,5	2×100 Ом
R_{29}	МВСГ-0,25	50 кОм	R_{91}, R_{92}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{30}	МВСГ-0,25	100 кОм	C_1	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{31}	МВСГ-0,25	200 кОм	C_2	ЭМ-100	5 мкФ
R_{32}, R_{33}	МЛТ-1	2 кОм	C_3	ЭГЦ-б-150	2×50 мкФ
R_{34}, R_{35}	МЛТ-2	1 кОм	C_4	ЭГЦ-б-50	2×200 мкФ
R_{36}	МВСГ-0,25	1 МОм	C_5	ЭМ-100	5 мкФ
R_{37}	МВСГ-0,25	500 кОм	C_6	ЭГЦ-б-400	20 мкФ
R_{38}	МВСГ-0,25	1 МОм	C_7—C_9	ЭГЦ-б-50	100 мкФ
R_{39}	МВСГ-0,25	2 МОм	C_{10}	ЭГЦ-б-150	50 мкФ
R_{40}	МЛТ-1	2 кОм	C_{11}	ФТ-1-200	1000 пФ
R_{41}	МЛТ-1	2 кОм	C_{12}	ЭГЦ-б-300	30 мкФ
R_{42}, R_{43}	МЛТ-2	1 кОм	C_{13}	ЭГЦ-б-300	30 мкФ
R_{44}	МВСГ-0,25	10 МОм	C_{14}	ФТ-1-200	0,025 мкФ
R_{45}	МВСГ-0,25	5 МОм	C_{15}	ФТ-1-200	1000 пФ
R_{46}	МВСГ-0,25	10 МОм	C_{16}	ЭМ-15	10 мкФ
R_{47}	МЛТ-1	2×10 МОм	C_{17}	МБГТ-300	1 мкФ
R_{48}	МЛТ-2	2×2 кОм	C_{18}	ФТ-1-200	1000 пФ
R_{49}	МЛТ-2	2×2 кОм	C_{19}	КТ-2	100 пФ
R_{50}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_{20}	ЭМ-15	10 мкФ
R_{51}	СПО-0,5	47 кОм	C_{21}, C_{22}	ФТ-1-200	1000 пФ
R_{52}	МЛТ-0,5	24 кОм	C_{23}	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{53}	СПО-0,5	330 Ом	C_{24}—C_{27}	ФТ-1-200	1000 пФ
R_{54}	МЛТ-0,5	100 кОм	$Д_1$	Д7Ж	—
R_{55}	МЛТ-0,5	100 кОм	$Д_3$—$Д_6$	Д7Ж	—
R_{56}	МЛТ-0,5	100 кОм	$Д_7$, $Д_8$	Д211	—
R_{57}	МЛТ-0,5	4,7 кОм	$Д_9$	Д808	—
R_{58}	МЛТ-2	1 кОм	$Д_{10}$—$Д_{17}$	Д7Ж	—

Продолжение табл. 11

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
$Д_{18}$, $Д_{19}$	Д211	—	$Л_1$—$Л_{39}$	МН-14	6,3В; 0,28А
$Д_{20}$—$Д_{27}$	Д7Ж	—	$Л_{40}$	6Ж1П	—
$Д_{28}$, $Д_{29}$	Д211	—	$Л_{41}$	6Ф1П	—
$Д_{30}$—$Д_{37}$	Д7Ж	—	$Л_{42}$, $Л_{43}$	ТГ3.01/1,3	—
$Д_{38}$, $Д_{39}$	Д211	—	$Р_1$	РЭС-9	—
$Д_{40}$, $Д_{41}$	Д214	—	$Р_2$, $Р_3$	РМУГ	—
$Д_{42}$—$Д_{52}$	Д211	—	$Р_4$—$Р_{31}$	РЭС-9	—
$Д_{53}$—$Д_{58}$	Д808	—	$Р_{32}$	РИ	—
$Д_{59}$	Д211	—	$Р_{33}$	РП-4	—
$Д_{60}$—$Д_{63}$	Д104А	—	$П_1$, $П_2$	ТП1-2	—
$Д_{64}$, $Д_{65}$	Д211	—	$Пр$	ПМ-1	—

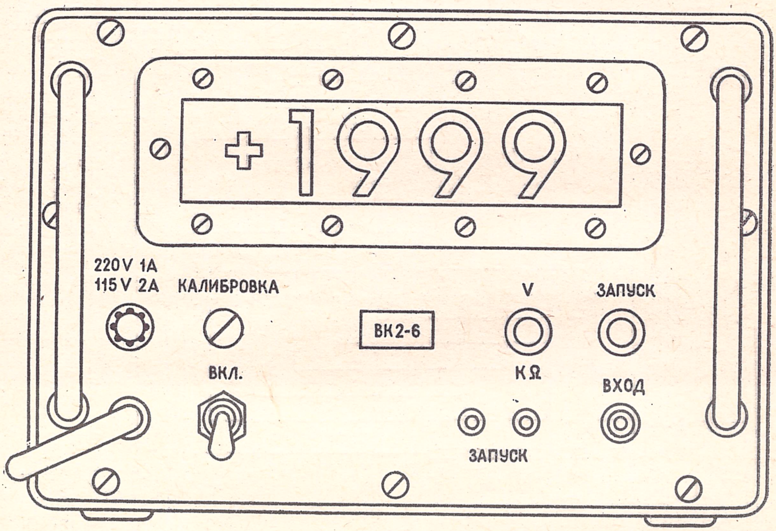


Рис. 7. Вид передней панели прибора ВК2-6.

ВОЛЬТМЕТРЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Вольтметр переменного тока В3-2А

Предназначен для измерения эффективного значения переменного напряжения в лабораторных и цеховых условиях. Шкала прибора имеет дополнительную градуировку в децибелах. Прибор В3-2А полностью заменяет ламповые вольтметры ЛВ-9 и ЛВ9-2.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерений напряжения 1 мВ — 300 В в диапазоне частот от 20 Гц до 1 МГц.

2. Основная погрешность измерения:

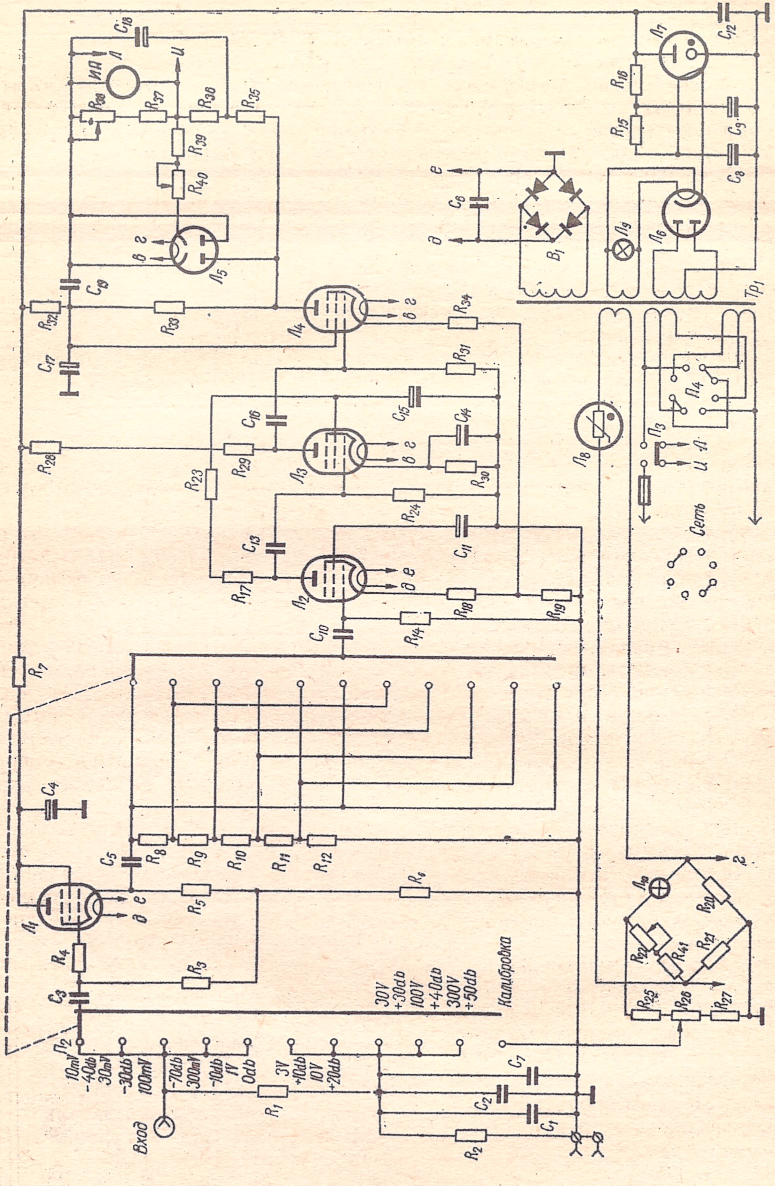

Вход
Калибровка
10mV
-40db
30mV
-30db
100mV
-70db
300mV
-10db
1V
0db
3V
+10db
10V
+20db
30V
+30db
100V
+40db
300V
+50db
П2
Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Л7
Л8
Л9
Л10
ИП
Л
И
В1
Тр1
П3
П4
Сеть
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R14
R15
R16
R17
R18
R19
R20
R21
R22
R23
R24
R25
R26
R27
R28
R29
R30
R31
R32
R33
R34
R35
R36
R37
R38
R39
R40
R41
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
C10
C11
C12
C13
C14
C15
C16
C17
C18
C19
д
е
в
г

Рис. 8. Принципиальная схема прибора В3-2А.

±3% при частоте измеряемого напряжения от 50 Гц до 400 кГц;

±5% на частотах 20—50 Гц и 400—1000 кГц.

3. Дополнительная погрешность от изменения температуры окружающей среды в пределах 10—35° С ± 0,3% на 1° С. Эта погрешность гарантируется при коэффициенте нелинейных искажений измеряемого напряжения не более 1%.

4. Входное сопротивление прибора с параллельной емкостью:

25 пФ на пределах 10 мВ — 1 В... 1 МОм

15 пФ на пределах 3—300 В... 1,8 МОм

5. Прибором можно измерять уровень напряжения от —55 до +52 дБ относительно нулевого уровня, равного 0,775 В.

6. Нормальными условиями работы для прибора являются:

температура окружающей среды от 15 до 25° С;

относительная влажность окружающего воздуха до 80%;

нормальное давление.

7. Питание прибора от сети переменного тока частотой 45—55 Гц напряжением 110, 127, 220 В с колебанием напряжения сети не более ±10%.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора (рис. 8) содержит входной делитель с катодным повторителем, усилитель, детектор с индикаторным прибором, калибратор и блок питания.

Входной делитель представляет собой реостатно-емкостный потенциометр, состоящий из двух групп (R_1, R_2, C_1, C_2, C_7 и R_8—R_{12}), включенных одна до катодного повторителя (лампа $Л_1$), другая — после него. Необходимый коэффициент деления устанавливается переключателем $П_2$, ручка которого выведена на переднюю панель прибора и обозначена «пределы».

Измеряемое напряжение после делителя поступает на трехкаскадный усилитель, собранный на лампах $Л_2$, $Л_3$ и $Л_4$. Для стабильности работы в усилителе применена обратная связь из цепи катода лампы $Л_4$ в цепь катода лампы $Л_2$ (R_{19}).

Детектор работает на лампе $Л_5$ по схеме с параллельно включенной нагрузкой (R_{35}—R_{38}). На правом диоде (по схеме) собрана схема компенсации начального тока основного детектора. Ток компенсации регулируется переменным сопротивлением R_{40}, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «установка нуля».

Калибратор состоит из мостового стабилизатора, одно из плеч которого образовано сопротивлением лампы накаливания (3,5 В и 0,28 А). Питается мост от обмотки силового трансформатора через бареттер $Л_8$. Стабилизированное напряжение с потенциометра (R_{25}—R_{27}), включенного в диагональ моста, при калибровке подается на вход прибора. Показания прибора устанавливаются сопротивлением R_{38}.

Блок питания представляет собой силовой трансформатор и два выпрямителя. Для питания анодных цепей служит выпрямитель на лампе $Л_6$ со стабилизатором $Л_7$. Для питания цепей накала ламп $Л_1$ и $Л_2$ служит селеновый выпрямитель $В_1$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-2А приведена в табл. 12.

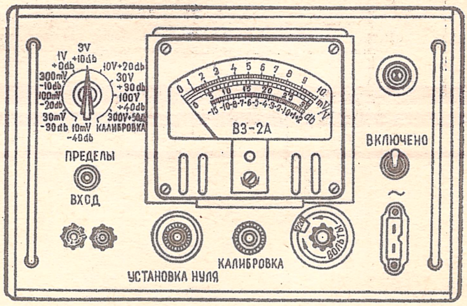


Рис. 9. Вид передней панели прибора В3-2А.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 9). Рабочее положение прибора вертикальное. Для удобства отсчета стрелочный прибор можно выдвинуть из кожуха и установить в наклонном положении.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения предохранителя-переключателя силового трансформатора «вольты» имеющемуся напряжению сети.
2. Установить переключатель сети в положение выключено.
3. Подключить кабель питания к колодке и к сети.
4. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 10 мин.
5. Поставить переключатель пределов в положение «300 V» и установить нуль прибора.
6. Перевести переключатель пределов в положение «калибровка» и ручкой калибровки установить стрелку прибора на отметку «10 mV».

12. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-2А

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МГП-2	3 МОм	R_{37}	МЛТ-0,5	820 Ом
R_2	УЛИ-0,25	6,345 кОм	R_{38}	СП-II-1-Б	4,7 кОм
R_3	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{39}	МЛТ-0,5	6,8 кОм
R_4, R_5	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{40}	СП-I-1-Б	47 кОм
R_6	МЛТ-0,5	3,9 кОм	R_{41}	Проволочный	10 Ом
R_7	МЛТ-1	5,1 кОм	C_1	КТК-2-Д	360 пФ
R_8	Проволочный	820,5 Ом	C_2	КПК-1	8—30 пФ
R_9	»	259,5 Ом	C_3	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{10}	»	82,05 Ом	C_4	КЭ-2-300	30 мкФ
R_{11}	»	29,95 Ом	C_5	КЭ-2-30	50 мкФ
R_{12}	»	12 Ом	C_6	КЭ-2-8	200 мкФ
R_{14}	МЛТ-0,5	0,47 МОм	C_7	КТК	Подбирается
R_{15}	МЛТ-0,5	200 Ом	C_8, C_9	КЭ-2-400	200 мкФ
R_{16}	ПЭ 7,5	1500 Ом	C_{10}	КБГ-И-200	0,07 мкФ
R_{17}	МЛТ-1	9,1 кОм	C_{11}	КЭ-2-300	30 мкФ
R_{18}	МЛТ-0,5	200 Ом	C_{12}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{19}	Проволочный	5,5 Ом	C_{13}	КБГ-И-200	0,03 мкФ
R_{20}	»	40 Ом	C_{14}	КЭ-2-8	200 мкФ
R_{21}	»	80 Ом	C_{15}	КЭ-2-300	30 мкФ
R_{22}	»	30 Ом	C_{16}	КБГ-И-200	0,03 мкФ
R_{23}	МЛТ-1	2,7 кОм	C_{17}	КЭ-2-300	30 мкФ
R_{24}	МЛТ-0,5	0,47 МОм	C_{18}	КЭ-2-8	200 мкФ
R_{25}	Проволочный	10 кОм	C_{19}	МБГО-160	4 мкФ
R_{26}	»	30 Ом	$Л_1$—$Л_4$	6Ж1П	—
R_{27}	»	90 Ом	$Л_5$	6Х2П	—
R_{28}	МЛТ-1	2,7 кОм	$Л_6$	6Ц5С	—
R_{29}	МЛТ-1	9,1 кОм	$Л_7$	СГ4С	—
R_{30}	МЛТ-0,5	200 Ом	$Л_8$	0,85Б-5,5-12	—
R_{31}	МЛТ-0,5	0,47 МОм	$Л_9$—$Л_{10}$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{32}	МЛТ-1	2,7 кОм	ИП	Прибор магнито-электрический	—
R_{33}	МЛТ-1	5,1 кОм			
R_{34}	МЛТ-0,5	200 Ом			
R_{35}	МЛТ-0,5	20 кОм	Тр	Трансформатор силовой	—
R_{36}	МЛТ-0,5	1 кОм			

Измерение напряжения

Вольтметр В3-2А имеет несимметричный вход. Для измерения напряжения прибор подключается к исследуемой схеме через клеммы «вход» и «земля» (одна из клемм) возможно короткими проводами. Для уменьшения влияния помех при измерениях малых напряжений рекомендуется применять соединительные провода и вилки в экране.

Если нежелательна утечка тока через постоянное сопротивление входа прибора (R_1, R_2), то следует включить внешний разделительный конденсатор емкостью 0,5 мкФ для низких частот, а для более высоких частот — конденсатор меньшей емкости.

Вольтметр переменного тока В3-3

Предназначен для измерения эффективного значения малых напряжений синусоидальной формы в лабораторных условиях, а также может быть использован в качестве широкополосного усилителя.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерений напряжения 1 мВ—1 В, с внешним делителем до 100 В.
2. Диапазон частот 30 Гц — 10 МГц.
3. Основная погрешность измерения:
   не более ±3% от номинала шкалы в диапазоне частот 50 Гц — 20 кГц;
   не более ±5% в диапазоне частот 30 Гц — 5 МГц;
   не более ±10% в диапазоне частот 5—10 МГц.
4. Дополнительная погрешность за счет внешнего делителя:
   ±1% на звуковых частотах;
   ±3% на частотах до 5 МГц;
   ±5% в диапазоне частот от 5 до 10 МГц.
5. Входное сопротивление пробника 1 МОм. Входная емкость 10 пФ.
6. Входное сопротивление внешнего делителя 1 МОм. Входная емкость 6 пФ.
7. Коэффициент усиления усилителя около 43.
8. Питание прибора от сети переменного тока напряжением 110, 127 и 220 В частотой 50 Гц. Потребляемая мощность около 80 ВА.
9. Вес прибора 9 кг, габаритные размеры 310×215×195 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора В3-3 (рис. 10) состоит из катодного повторителя, делителя напряжения, усилителя, детектора с индикаторным прибором, калибратора и блока питания.

Катодный повторитель работает на лампе $Л_1$ с нагрузкой в виде реостатно-емкостного делителя R_3—R_9, C_2—C_4. Коэффициент деления (пределы измерения) изменяется при помощи переключателя $П_1$, ручка которого на передней панели (см. рис. 11) обозначена «пределы».

После делителя сигнал поступает на шестикаскадный усилитель, работающий на лампах $Л_2$—$Л_7$. Широкополосность и стабильность работы усилителя достигается применением корректирующих элементов, сильной отрицательной обратной связью. После усилителя сигнал детектируется диодами $Д_1$, $Д_2$ и измеряется индикатором *ИП*.

Кроме того, с катодного сопротивления R_{37} через конденсатор C_{22} сигнал подводится к гнезду на передней панели с обозначением «выход усилителя».

13. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-3

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_{1}	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{48}	Проволочный	40 кОм
R_{2}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{49}	»	10 кОм
R_{3}	Проволочный	200 Ом	R_{50}	»	100 Ом
R_{4}	»	70 Ом	R_{51}	»	30 Ом
R_{5}	»	45 Ом	R_{52}	УЛИ-0,25	1 МОм
R_{6}	»	60 Ом	R_{53}	УЛИ-0,25	10,2 кОм
R_{7}	»	42,85 Ом	R_{54}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_{8}	»	70 Ом	R_{55}	ВС-2	82 Ом
R_{9}	»	30,7 Ом	C_{1}	КБГ-И-200	0,03 мкФ
R_{10}	МЛТ-0,5	1,5 кОм	C_{2}	КТК-1а-Д	150 пФ
R_{11}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{3}	КТК-1а-Д	22 пФ
R_{12}	СП-II-1-А	470 Ом	C_{4}	КТК-1а-Д	62 пФ
R_{13}	МЛТ-0,5	2 кОм	C_{5}	КБГ-И-200	0,02 мкФ
R_{14}	ВС-0,25	75 Ом	C_{6}	МБГО-1-300	10 мкФ
R_{15}	ВС-0,25	27 кОм	C_{7}	КСО-5-250	0,01 мкФ
R_{16}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{8}	МБГО-1-300	10 мкФ
R_{17}	МЛТ-2	1,5 кОм	C_{9}	КБГ-И-600	0,01 мкФ
R_{18}	МЛТ-0,5	150 Ом	C_{10}	КТК-1а-Д	100 пФ
R_{19}	МЛТ-1	1 кОм	C_{11}	МБГО-1-300	10 мкФ
R_{20}	МЛТ-0,5	1,5 кОм	C_{12}	КБГ-И-200	0,03 мкФ
R_{21}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{13}	КБГ-И-200	0,07 мкФ
R_{22}	МЛТ-0,5	100 Ом	C_{14}	КБГ-И-200	0,03 мкФ
R_{23}	МЛТ-0,5	1 кОм	C_{15}	МБГО-1-300	10 мкФ
R_{24}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{16}	КТК-1а-Д	100 пФ
R_{25}	МЛТ-0,5	2 кОм	C_{17}	МБГО-1-300	10 мкФ
R_{26}	МЛТ-0,5	100 Ом	C_{18}	КБГ-И-200	0,03 мкФ
R_{27}	ВС-0,25	36 Ом	C_{19}	КТК-1а-Д	100 пФ
R_{28}	МЛТ-0,5	2,4 кОм	C_{20}	МБГО-1-300	10 мкФ
R_{29}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{21}	МБГО-1-300	10 мкФ
R_{30}	МЛТ-0,5	2 кОм	C_{22}	МБМ	0,5 мкФ
R_{31}	МЛТ-0,5	220 Ом	C_{23}	МБГО-1-400	20 мкФ
R_{32}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{24}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{33}	МЛТ-0,5	1,5 кОм	C_{25}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{34}	СП-1-1-А	47 кОм	C_{26}	КДК-1м	1 пФ
R_{35}	МЛТ-0,5	47 кОм	C_{27}	КПК-1	8—30 пФ
R_{36}	МЛТ-0,5	2,4 кОм	C_{28}	КТК-1а-Д	47 пФ
R_{37}	МЛТ-0,5	150 Ом	L	—	10 мкГ
R_{38}	МЛТ-0,5	510 кОм	$Л_{1}$—$Л_{7}$	6Ж1П	—
R_{39}	ПЭВ-10	3,9 кОм	$Л_{8}$	6П14П	—
R_{40}	МЛТ-0,5	56 кОм	$Л_{9}$	6Ж1П	—
R_{41}	МТТ-0,5	5,6 кОм	$Л_{10}$	СГ2П	—
R_{42}	МЛТ-0,5	160 кОм	$Л_{11}$	1Б5-9	—
R_{43}	МЛТ-2	4,6 кОм	$Л_{12}$	МН-14	6,3В; 0,28А
R_{44}	ПЭВ-10	82 Ом	$Л_{13}$	МН-13	3,5В; 0,28А
R_{45}	Проволочный	80 Ом	$Д_{1}$—$Д_{2}$	Д2В	—
R_{46}	»	10 Ом	$Д_{3}$—$Д_{6}$	ДГ-Ц27	—
R_{47}	»	30 кОм	*ИП*	М-24-2	100 мкА; 800 Ом

Для поверки чувствительности прибора в схеме имеется калибратор, выполненный в виде моста с нелинейным сопротивлением ($Л_{13}$) в одном из плеч. Три других плеча образованы резисторами R_{45}—R_{48}. Для калибровки используется стабильное напряжение с выходной диагонали моста, подводимое к клеммам «выход 10 mV» на передней панели. Калибровочное напряжение 10· мВ устанавливается при помощи потенциометра R_{51} (при заводской и контрольных регулировках). Чувствительность индикатора устанавливается при помощи переменного сопротивления R_{34}, ручка которого обозначена «калибровка».

Блок питания содержит выпрямитель на диодах $Д_3$—$Д_6$ с электронным стабилизатором на лампах $Л_8$—$Л_{10}$.

Накал ламп $Л_1$—$Л_3$, $Л_5$ и $Л_6$ стабилизирован бареттером $Л_{11}$. Для уменьшения фона средняя точка накала заземлена через потенциометр R_{12}. Внешний делитель по схеме представляет собой реостатно-емкостный делитель. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-3 приведена в табл. 13.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления выведены на переднюю панель (рис. 11). Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети поставить в положение выключено.

2. Убедиться в соответствии положения предохранителя-переключателя силового трансформатора «вольты» напряжению сети.

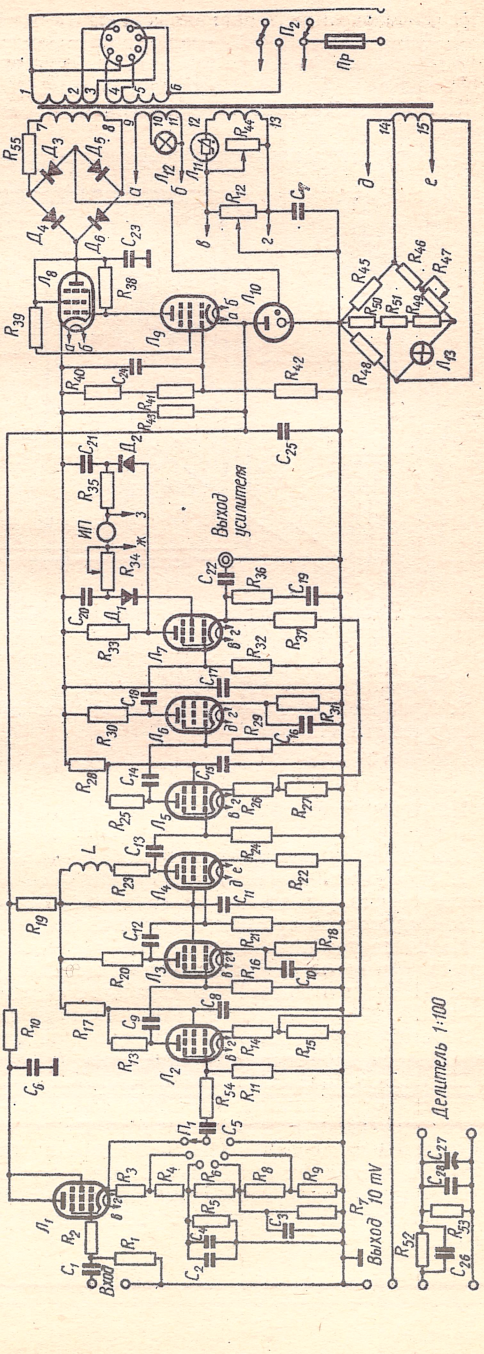


Рис. 10. Принципиальная схема прибора В3-3.

3. Переключатель пределов установить в положение «0».

4. Подключить кабель питания к колодке прибора и затем к сети.

5. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 10 мин.

6. При необходимости установить нуль механическим корректором индикатора.

7. Подключить пробник прибора к гнезду «выход 10 mV».

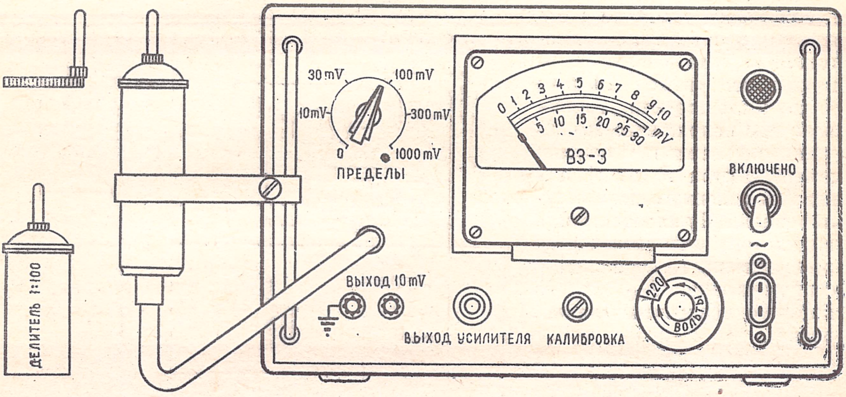


Рис. 11. Вид передней панели прибора В3-3.

8. Переключатель «пределы» перевести в положение «10 mV».

9. При необходимости ручкой «калибровка» (шлиц) установить стрелку на отметку шкалы «10».

Измерение напряжения

Для измерения напряжения необходимо:

1. Установить переключатель «пределы» в положение, соответствующее ориентировочному значению измеряемого напряжения.

2. Подключить пробник прибора к исследуемой схеме.

На конце пробника имеется резьба для навинчивания различных насадок, которые включают в нормальные штепсельные гнезда, в гнездо прибора типа Г4-1А или в обычное коаксиальное гнездо. При измерении напряжений от 1 до 100 В на пробник навинчивается внешний делитель 1 : 100.

Значение измеренного напряжения определяют по шкале в соответствии с положением переключателя «пределы».

При измерениях напряжений частотой, равной частоте питающей сети, можно наблюдать разные показания в зависимости от полярности включения штепсельной вилки в сеть. В этом случае значение измеренного напряжения определяется как среднее арифметическое из двух измерений при разных полярностях включения штепсельной вилки в сеть питания.

Если необходимо контролировать измеряемый сигнал, к гнезду «выход усилителя» можно подключить осциллограф или другой контролирующий прибор.

Использование усилителя прибора В3-3

При необходимости в приборе В3-3 может быть использован широкополосный усилитель с коэффициентом усиления 43. В этом случае для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети поставить в положение выключено.
2. Убедиться в соответствии положения предохранителя-переключателя силового трансформатора напряжению сети (127, 220 В).
3. Переключатель пределов установить в положение, соответствующее значению усиливаемого сигнала.
4. Подключить кабель питания к колодке прибора и к сети.
5. Включить питание (при этом должна загореться лампочка) и дать прибору прогреться в течение 10 мин.
6. Усиливаемый сигнал подать на пробник прибора, используя для подключения соответствующие насадки к пробнику.
7. Усиленный сигнал снимается с гнезда «выход усилителя».

При этом выходное сопротивление прибора на частотах выше 20 кГц составляет 35 Ом. На звуковых частотах выходное сопротивление определяется емкостью конденсатора $C_{22} = 0{,}5$ мкФ.

Частотная характеристика прямолинейна до 1 МГц и имеет подъем 10% на 3 МГц при подключении к выходу прибора емкости 100 пФ. При емкости 25 пФ характеристика прямолинейна до 3 МГц и имеет подъем 10% на 5 МГц.

Дополнительные указания

При транспортировке прибора переключатель сети следует поставить в положение выключено. При этом рамка индикатора замыкается накоротко, что предохраняет стрелку индикатора от ударов.

Вольтметр переменного тока В3-4

Предназначен для измерения эффективного значения напряжения синусоидальной формы в лабораторных условиях, а также может быть использован в качестве широкополосного усилителя.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерений напряжения 0,8 мВ — 1 В, с внешним делителем до 100 В.
2. Диапазон частот 40 Гц — 30 МГц.
3. Основная погрешность измерения на частоте 1000 Гц не более ±2,5% от верхнего предела шкалы.
4. Частотная погрешность прибора:
   не более ±5% в диапазоне частот 40 Гц — 5 МГц;
   не более ±10% в диапазоне частот 5—30 МГц.
5. Дополнительная погрешность при изменении:
   напряжения сети от 187 до 231 В не превышает ±5% (без дополнительной регулировки нуля и калибровки);
   температуры от 15 до 10° С и от 25 до 35° С не превышает 0,3% на 1° С.
6. Погрешность внешнего делителя не более ±5% от измеряемой величины.
7. Входное сопротивление пробника и внешнего делителя на частоте 1000 Гц не менее 1 МОм. Входная емкость их не превышает 10 пФ.
8. Коэффициент усиления усилителя около 100 (на пределе 10 mV). Выходное сопротивление 60 ± 20 Ом.

9. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В с колебанием напряжения сети от —15 до +5%. Потребляемая мощность около 200 ВА.

10. Вес прибора 15 кг, габаритные размеры 380×280×280 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора В3-4 (рис. 12) состоит из катодного повторителя с делителем напряжения, широкополосного усилителя, индикаторного устройства, калибратора и блока питания.

Катодный повторитель работает на лампе $Л_1$ с нагрузкой в виде реостатно-емкостного делителя. Коэффициент деления (пределы измерения) изменяется переключателем $П_1$, ручка которого на передней панели (рис. 13) обозначена «0, 10 mV, 30 mV, 100 mV, 300 mV, 1000 mV».

После делителя сигнал поступает на шестикаскадный усилитель на лампах $Л_2$—$Л_7$. Широкополосность усилителя достигается применением корректирующих элементов и катодных повторителей между соседними каскадами.

В зависимости от режима работы прибора сигнал после усилителя подается на измерительное устройство (в режиме вольтметра) или на выходной катодный повторитель (в режиме усилителя).

Необходимый режим устанавливается переключателем $П_2$ с обозначением «усил.— вольтметр», который при помощи реле P_1 коммутирует сигнал после усилителя.

Индикаторное устройство представляет собой диодный вольтметр на лампе $Л_8$ с индикаторным прибором *ИП*.

Нуль индикатора устанавливается при помощи переменного сопротивления R_{33}, ручка которого обозначена «установка нуля». Чувствительность индикатора регулируется изменением шунтирующего резистора R_{35}, ручка которого обозначена «калибровка». Для калибровки чувствительности прибора в схеме имеется калибратор, представляющий собой мост с нелинейным сопротивлением $Л_{16}$ в одном из плеч. Три других плеча образованы резисторами R_{58}—R_{61}. При калибровке используется стабильное напряжение, снимаемое с выходной диагонали моста. Величина его устанавливается потенциометром R_{64} на заводе и подводится к гнезду на передней панели с обозначением «10 mV, 50 Hz».

Выходной катодный повторитель работает на лампе $Л_9$. Сигнал с нагрузки его (R_{41}) подводится к гнезду «выход усилителя».

Блок питания содержит выпрямитель на диодах $Д_1$—$Д_4$ с электронным стабилизатором на лампах $Л_{10}$—$Л_{12}$ для питания анодных цепей и цепей экранных сеток. Стабилизированный бареттером $Л_{13}$ выпрямитель на диодах $Д_5$ используется для питания накала лампы входного катодного повторителя.

Внешний делитель реостатно-емкостный. Коэффициент деления подгоняется при помощи полупеременного конденсатора C_{46}.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-4 приведена в табл. 14.

Подготовка прибора к работе

Для удобства эксплуатации прибора В3-4 в комплект его входят: провод для заземления пробника; удлинительный шнур пробника, зажим «крокодил»; пластинка заземления пробника; лепестки к штепселю пробника; держатель для соединения пробника с корпусом; разъем для выходного гнезда; переходная муфта диаметром 20 мм с гайкой; штепсель для муфты диаметром 20 мм; разъем диаметром 15 мм; корпус для присоединения муфты и разъема к пробнику; внешний делитель 1 : 100.

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 13).

Для подготовки к работе необходимо:

1. Переключатель сети поставить в положение выключено.

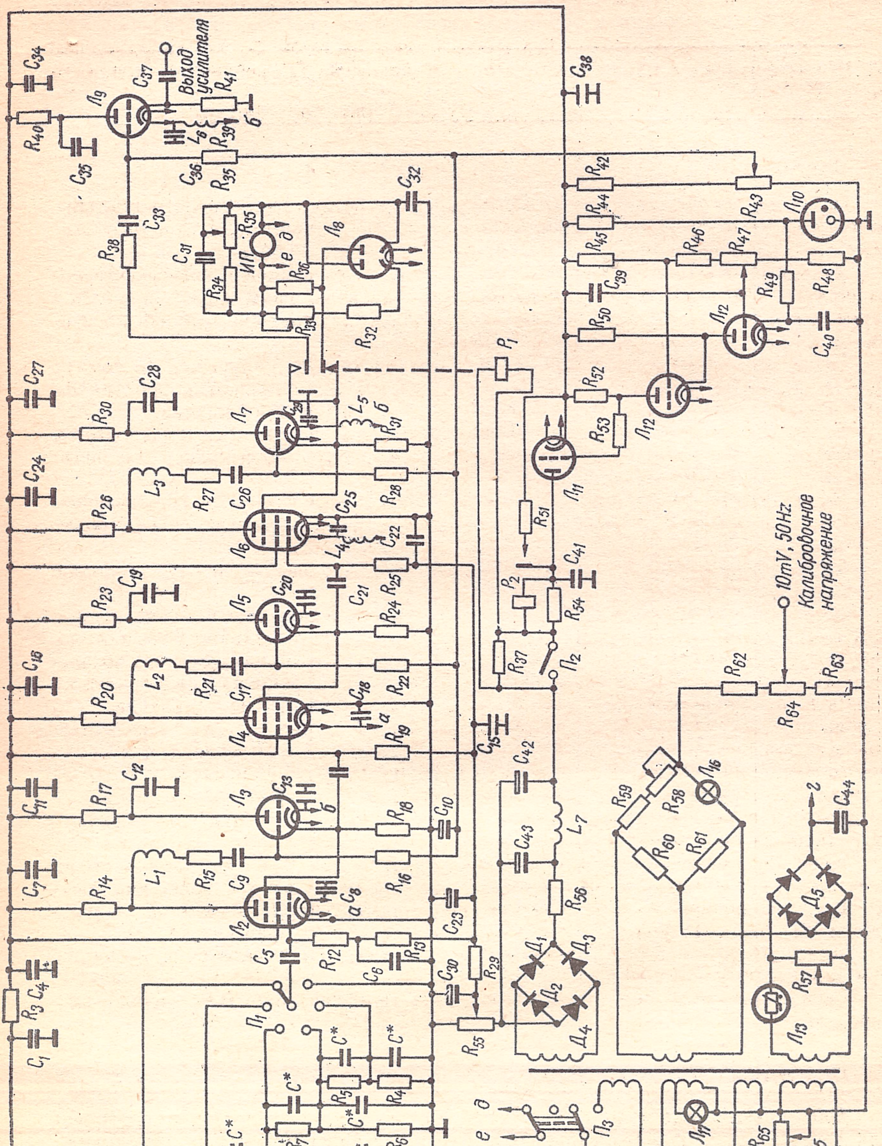

Вход
Выход усилителя
Сеть
10mV, 50Hz
Калибровочное напряжение
Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Л7
Л8
Л9
Л10
Л11
Л12
Л13
Л14
Л15
Л16
Л17
П1
П2
П3
P1
P2
ИП
Д1
Д2
Д3
Д4
Д5
L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
L8
L9
а
б
в
г
д
е

Рис 12. Принципиальная схема прибора В3-4.

14. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-4

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МЛТ-0,5	1,1 МОм	R_{51}	ПЭВ-10	2 кОм
R_2	УЛМ-0,12	130 Ом	R_{52}	МЛТ-0,5	2 МОм
R_3	УЛМ-0,12	27 Ом	R_{53}	МЛТ-0,5	1 кОм
R_4	БЛП-0,1	49,3 Ом	R_{54}	ВС-0,5	82 Ом
R_5	БЛП-0,1	106,7 Ом	R_{55}	Проволочный	30 Ом
R_6	БЛП-0,1	72,2 Ом	R_{56}	ВС-1	56 Ом
R_7	БЛП-0,1	106,7 Ом	R_{57}	ПЭВ-10	30 Ом
R_8	БЛП-0,1	72,2 Ом	R_{58}	Проволочный	30 Ом
R_9	БЛП-0,1	106,7 Ом	R_{59}, R_{60}	»	10+80 Ом
R_{10}	БЛП-0,1	72,2 Ом	R_{61}, R_{62}	»	100+40 Ом
R_{11}	БЛП-0,1	106,7 Ом	R_{63}	БЛП-0,25	10 кОм
R_{12}	МЛТ-0,5	1,1 МОм	R_{64}	Проволочный	30 Ом
R_{13}	МЛТ-0,5	39 кОм	R_{65}	ПЭВ-10	100 Ом
R_{14}	МЛТ-0,5	390 Ом	R_{66}	УЛМ-0,25	1 МОм
R_{15}	УЛМ-0,12	33 Ом	R_{67}	УЛМ-0,25	10,2 кОм
R_{16}	МЛТ-0,5	1,1 МОм	R_{68}	ПЭВ-10	75 Ом
R_{17}	МЛТ-1	2 кОм	R_{69}	УЛМ-0,12	33 Ом
R_{18}	МЛТ-0,5	1 кОм	C_1, C_2	МБМ-160	0,05 мкФ
R_{19}	МЛТ-0,5	1,1 МОм	C_3	КТМ-К	300 пФ
R_{20}	МЛТ-0,5	390 Ом	C_4	МБГО-1-300	4 мкФ
R_{21}	УЛМ-0,12	33 Ом	C_5	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{22}	МЛТ-0,5	1,1 МОм	C_6	МБМ-160	0,05 мкФ
R_{23}	МЛТ-1	2 кОм	C_7	МБМ-160	0,5 мкФ
R_{24}	МЛТ-0,5	1 кОм	C_8	КБГ-И-200	1000 пФ
R_{25}	МЛТ-0,5	1,1 МОм	C_9	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{26}	МЛТ-0,5	470 Ом	C_{10}, C_{11}	МБМ-160	0,05 мкФ
R_{27}	УЛМ-0,12	33 Ом	C_{12}	КТК-1а-Д	10 пФ
R_{28}	МЛТ-0,5	1,1 МОм	C_{13}	КБГ-И-200	1000 пФ
R_{29}	МЛТ-0,5	51 кОм	C_{14}	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{30}	МЛТ-1	2 кОм	C_{15}, C_{16}	МБМ-160	0,05 мкФ
R_{31}	МЛТ-0,5	1 кОм	C_{17}	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{32}	МЛТ-0,5	3,9 кОм	C_{18}	КБГ-И-200	1000 пФ
R_{33}	Переменный	22 кОм	C_{19}	КТК-1а-Д	10 пФ
R_{34}	МЛТ-0,5	820 Ом	C_{20}	КБГ-И-200	1000 пФ
R_{35}	СП-II-1-А	4,7 кОм	C_{21}	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{36}	МЛТ-0,5	10 кОм	C_{22}	МБМ-160	0,05 мкФ
R_{37}	ВС-0,5	82 Ом	C_{23}	ЭМ-4	25 мкФ
R_{38}	УЛМ-0,12	130 Ом	C_{24}	МБМ-160	0,5 мкФ
R_{39}	МЛТ-0,5	1,1 МОм	C_{25}	КБГ-И-200	1000 пФ
R_{40}	МЛТ-1	2 кОм	C_{26}	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{41}	МЛТ-0,5	1 кОм	C_{27}	МБМ-160	0,05 мкФ
R_{42}	МЛТ-1	30 кОм	C_{28}	КТК-1-Д	10 пФ
R_{43}	СП-II-1-А	4,7 кОм	C_{29}	КБГ-И-200	1000 пФ
R_{44}	МЛТ-2	8,2 кОм	C_{30}	ЭМ-4	25 мкФ
R_{45}	МЛТ-0,5	30 кОм	C_{31}	КЭ-2-12	100 мкФ
R_{46}	МЛТ-0,5	10 кОм	C_{32}	МБГО-1-300	20 мкФ
R_{47}	СП-II-1-А	10 кОм	C_{33}	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{48}	МЛТ-0,5	33 кОм	C_{34}	МБМ-160	0,05 мкФ
R_{49}	МЛТ-0,5	120 Ом	C_{35}	КТК-1а-Д	10 пФ
R_{50}	МЛТ-0,5	150 кОм	C_{36}	КБГ-И-200	1000 пФ

Продолжение табл. 14

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_{37}	МБМ-160	0,05 мкФ	$Л_4$	6Ж9П	—
C_{38}	КЭ-2-300	30 мкФ	$Л_5$	6С3П	—
C_{39}, C_{40}	МБМ-160	0,5 мкФ	$Л_6$	6Ж9П	—
C_{41}	МБГО-2-400	1 мкФ	$Л_7$	6С3П	—
C_{42}, C_{43}	КЭ-2-300	30 мкФ	$Л_8$	6Х2П	—
C_{44}	ЭГЦ-б-20	2000 мкФ	$Л_9$	6С3П	—
C_{45}	КТК-1а-Д	47 пФ	$Л_{10}$	СГ2С	—
C_{46}	Конструктивный	0,8—1,2 пФ	$Л_{11}$	6С19П	—
			$Л_{12}$	6Н2П	—
C^*	КТК-1а-Д	10—91 пФ	$Л_{13}$—$Л_{15}$	0,85Б5,5—12	—
L_1—L_3	Катушка	—	$Л_{16}$	МН-13	3,5 В; 0,28 А
L_4—L_6	»	2 мкГ	$Л_{17}$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
L_7	Дроссель	—	$Д_1$—$Д_4$	ДГ-Ц27	—
L_8, L_9	Катушка	—	$Д_5$	АВС-40-59	—
$Л_1$	6С3П	—	$Р_1$, $Р_2$	РСМ-2	—
$Л_2$	6Ж9П	—	ИП	М-24-2	100 мкА; 850 Ом
$Л_3$	6С3П	—			

2. Переключатель пределов установить в положение «0».

3. Переключатель «усил.— вольтметр» установить в положение «вольтметр».

4. Подключить кабель питания к сети.

5. Включить питание (при этом должна загореться лампочка под шильдиком) и дать прибору прогреться в течение 20 мин.

6. При необходимости ручкой «установка нуля» установить нуль индикатора.

7. Вставить пробник в гнездо «10 mV, 50 Hz».

8. Переключатель пределов перевести в положение «10 mV».

9. При необходимости ручкой «калибровка» (шлиц) установить стрелку индикатора на отметку шкалы «10».

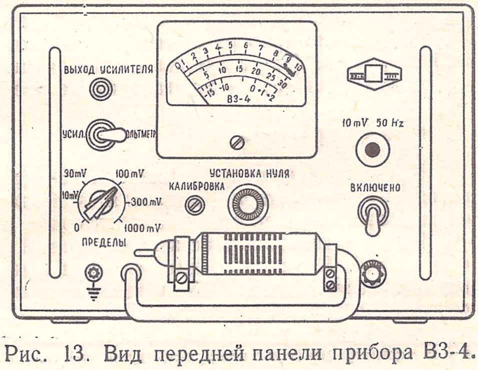


Рис. 13. Вид передней панели прибора В3-4.

Измерение напряжения

Для измерения напряжения следует:

1. Переключатель пределов установить в положение, соответствующее значению измеряемого напряжения.

2. Пробник прибора подключить к исследуемой схеме.

3. При измерении напряжения от 1 до 100 В на пробник надеть внешний делитель.

Величина измеренного напряжения определяется по показаниям индикатора в соответствии с положением переключателя пределов.

Использование усилителя прибора В3-4

При необходимости в приборе В3-4 может быть использован широкополосный усилитель с коэффициентом усиления до 100 (на пределе «10 mV»).

В этом случае для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети поставить в положение выключено.
2. Переключатель пределов установить в положение «10 mV».
3. Переключатель «усил.— вольтметр» установить в положение «усил.».
4. Кабель питания подключить к сети.
5. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка под шильдиком) и дать прибору прогреться 20 мин.
6. Усиливаемый сигнал подвести к пробнику прибора, а усиленный сигнал снимать с гнезда «выход усилителя».

Дополнительные указания

При транспортировке прибора В3-4 переключатель сети следует установить в положение выключено. При этом рамка индикатора замыкается накоротко и стрелка его предохраняется от ударов.

Вольтметр переменного тока В3-5

Предназначен для измерения эффективного значения напряжения синусоидальной формы и шумов в лабораторных условиях.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения напряжения 10 мкВ — 1 В в диапазоне частот от 20 Гц до 1 МГц.
2. Основная погрешность не более ±4% от верхнего предела шкалы в диапазоне частот от 40 Гц до 500 кГц и ±10% во всем диапазоне.
3. Входное сопротивление на частоте 1000 Гц не менее 900 кОм на пределах «× 100» и не менее 600 кОм на пределах «× 1».
4. Входная емкость не более 12 пФ на пределах «× 1».
5. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В ± 10%. Потребляемая мощность не более 120 ВА.
6. Вес прибора 16 кг, габаритные размеры 390×286×285 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора В3-5 (рис. 14) состоит из входного делителя, катодного повторителя, делителя напряжения, широкополосного усилителя, индикаторного устройства, калибратора и блока питания.

Входной делитель реостатно-емкостный (R_1, R_2, C_1, C_2) с коэффициентом деления 1 : 100. Включается делитель при измерении напряжения выше 5 мВ при помощи переключателя $П_1$, ручка которого на передней панели (см. рис. 15) обозначена «милливольт × 1— × 100 калибр.», в положении «× 100 калибр.». При измерении напряжения до 5 мВ сигнал с гнезда «вход» подается непосредственно на катодный повторитель, работающий на лампе $Л_1$. Нагрузкой катодного повторителя служит реостатный делитель R_8—R_{15}. Коэффициент деления (пределы измерения) изменяется переключателем $П_2$, ручка которого на передней панели обозначена «0,05—10 калибр.».

После делителя сигнал поступает на шестикаскадный широкополосный усилитель, работающий на лампах $Л_2$, $Л_4$—$Л_8$. Усилитель имеет линейную амплитудную характеристику с четырехкратным запасом. С выхода усилителя сигнал поступает на измерительное устройство, работающее по схеме квадратичного детектора на смесительных лампах $Л_9$, $Л_{10}$. Детектор собран по мостовой схеме. Баланс схемы (установка нуля) устанавливается потенциометром R_{53}, ручка которого обозначена «установка нуля». Чувствительность индикатора регулируется переменным сопротивлением R_{54}, ручка которого обозначена «калибровка».

Для калибровки чувствительности прибора в схеме имеется калибратор, представляющий собой стабильный *LC*-генератор, работающий на лампе $Л_3$ с термистором *T*. С выхода делителя генератора (потенциометр R_{71}) снимается напряжение калибровки 10 мВ, 1000 Гц, которое подводится ко входу прибора при установке переключателя пределов в положение «калибр.».

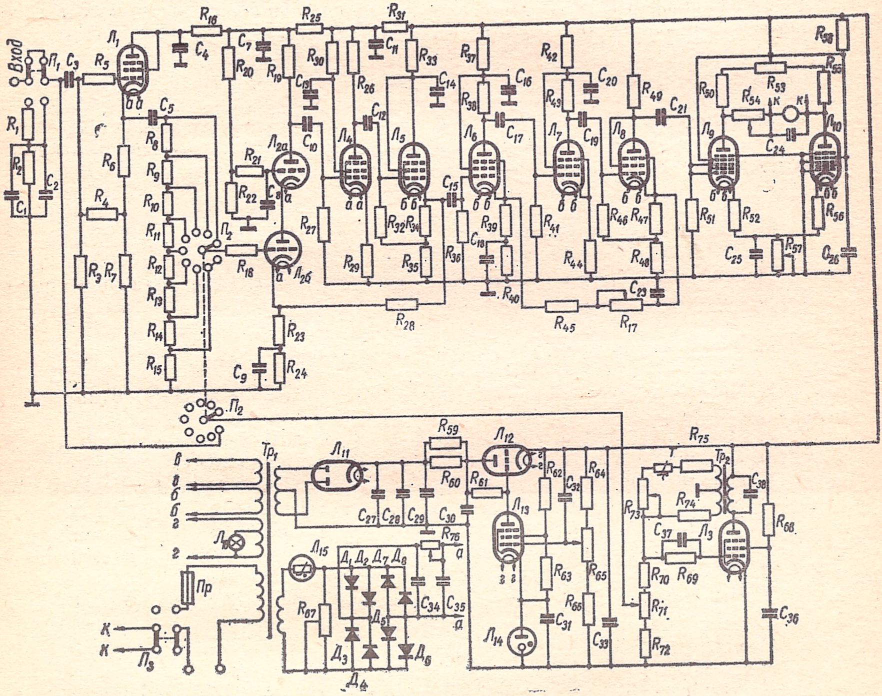

Вход
$П_1$
C_3
R_5
$Л_1$
C_4
R_{16}
C_7
R_{25}
R_{31}
C_{11}
R_{20}
R_{19}
R_{30}
R_{26}
R_{33}
C_{13}
C_{14}
R_{37}
C_{16}
R_{42}
C_{20}
R_{58}
R_{55}
R_{50}
R_{53}
R_{54}
к
R_{49}
C_{21}
R_{36}
R_{43}
C_{24}
C_5
R_1
R_2
C_2
C_1
R_6
R_8
R_9
R_{10}
R_{11}
R_{12}
R_{13}
R_{14}
R_{15}
R_4
R_3
R_7
$Л_{2а}$
C_{10}
R_{21}
R_{22}
C_8
$Л_4$
C_{12}
$Л_5$
$Л_6$
C_{17}
$Л_7$
C_{19}
$Л_8$
$Л_9$
$Л_{10}$
C_{15}
$П_2$
R_{18}
$Л_{2б}$
R_{27}
R_{29}
R_{32}
R_{34}
R_{35}
R_{36}
R_{39}
C_{18}
R_{40}
R_{41}
R_{44}
R_{46}
R_{47}
R_{48}
R_{51}
R_{52}
C_{25}
R_{57}
R_{56}
C_{26}
C_{23}
R_{28}
R_{45}
R_{17}
R_{23}
C_9
R_{24}
$Тр_1$
$Л_{11}$
R_{59}
$Л_{12}$
R_{75}
$Тр_2$
R_{60}
R_{61}
R_{62}
C_{32}
R_{64}
T
C_{38}
R_{73}
R_{74}
C_{27}
C_{28}
C_{29}
C_{30}
$Л_{13}$
C_{37}
$Л_3$
R_{68}
$Л_{16}$
$Л_{15}$
$Д_1$ $Д_2$ $Д_7$ $Д_8$
R_{76}
R_{63}
R_{65}
R_{70}
R_{69}
Пр
R_{67}
$Д_5$
C_{34}
C_{35}
R_{66}
R_{71}
C_{36}
C_{31}
C_{33}
к
к
$П_3$
$Д_3$
$Д_4$
$Д_6$
$Л_{14}$
R_{72}
в
б
г
а

Рис. 14. Принципиальная схема прибора В3-5.

Блок питания содержит выпрямитель на лампе $Л_{11}$ с электронным стабилизатором на лампах $Л_{12}$—$Л_{14}$ для питания высоковольтных цепей и выпрямитель на диодах $Д_1$—$Д_8$, стабилизированный бареттером $Л_{15}$, для питания накалов первых каскадов усилителя.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-5 приведена в табл. 15.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 15). Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети «включ.» поставить в положение выключено.
2. Переключатель пределов установить в положение «10».

15. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-5

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	УЛИ-0,25	1 МОм	R_{53}	СП-1-1-А	3,3 кОм
R_2	УЛИ-0,25	10,2 кОм	R_{54}	СП-1-1-А	10 кОм
R_3, R_4	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{55}	МЛТ-0,5	8,2 кОм
R_5	МЛТ-0,5	1 кОм	R_{56}	МЛТ-0,5	330 Ом
R_6	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{57}	СП-II-1-А	1 кОм
R_7	МЛТ-0,5	2,7 кОм	R_{58}	МЛТ-0,5	15 кОм
R_8	БЛП-0,1	1,5 кОм	R_{59}, R_{60}	МЛТ-2	1 кОм
R_9	БЛП-0,1	750 Ом	R_{61}	МЛТ-1	1 МОм
R_{10}	БЛП-0,1	450 кОм	R_{62}	МЛТ-2	9,1 кОм
R_{11}	БЛП-0,1	150 кОм	R_{63}	МЛТ-2	3,9 кОм
R_{12}	БЛП-0,1	75 кОм	R_{64}	МЛТ-1	43 кОм
R_{13}	БЛП-0,1	45 кОм	R_{65}	Потенциометр	14 кОм
R_{14}, R_{15}	БЛП-0,1	15 кОм	R_{66}	МЛТ-1	51 кОм
R_{16}	МЛТ-1	24 кОм	R_{67}	ПЭВ-10	150 Ом
R_{17}	СПО-0,5	1 кОм	R_{68}, R_{69}	МЛТ-2	9,1 кОм
R_{18}	МЛТ-0,5	1 кОм	R_{70}	ПЭВ-10	10 Ом
R_{19}	МЛТ-0,5	15 кОм	R_{71}	Потенциометр	24 кОм
R_{20}	МЛТ-0,5	910 кОм	R_{72}	БЛП-0,1	30 Ом
R_{21}	МЛТ-0,5	150 кОм	R_{73}	Потенциометр	10 кОм
R_{22}	МЛТ-0,5	680 кОм	R_{74}	Проволочный	51 Ом
R_{23}	ВС-0,25	27 Ом	R_{75}	БЛП-0,1	180 Ом
R_{24}	МЛТ-0,5	1 кОм	C_1	КПК-1	8—30 пФ
R_{25}	МЛТ-2	10 кОм	C_2	КСО-1-250	120 пФ
R_{26}	МЛТ-0,5	15 кОм	C_3	МБМ-160	0,1 пФ
R_{27}	МЛТ-0,5	510 кОм	C_4	ЭГЦ-б-200	30 пФ
R_{28}	МЛТ-0,5	10 кОм	C_5	ЭГЦ-б-50	50 пФ
R_{29}	МЛТ-0,5	240 Ом	C_7, C_8	МБГО-2-300	10 пФ
R_{30}	МЛТ-0,5	47 кОм	C_9	ЭГЦ-б-12	2000 мкФ
R_{31}	МЛТ-2	10 кОм	C_{10}	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{32}	МЛТ-0,5	510 кОм	C_{11}	МБГО-2-300	10 мкФ
R_{33}	МЛТ-0,5	47 кОм	C_{12}	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{34}	МЛТ-0,5	300 Ом	C_{13}, C_{14}	МБГО-2-300	10 мкФ
R_{35}	МЛТ-0,5	910 кОм	C_{15}	МБМ-160	0,4 мкФ
R_{36}	МЛТ-0,5	510 кОм	C_{16}	МБГО-2-300	20 мкФ
R_{37}	МЛТ-1	10 кОм	C_{17}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{38}	МЛТ-0,5	15 кОм	C_{18}	ЭГЦ-б-12	2000 мкФ
R_{39}	ВС-0,25	27 Ом	C_{19}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{40}	МЛТ-0,5	200 Ом	C_{20}	МБГО-2-300	20 мкФ
R_{41}	МЛТ-0,5	510 Ом	C_{21}	МБГО-2-160	10 мкФ
R_{42}	МЛТ-1	10 кОм	C_{23}	КСО-1-250	110 пФ
R_{43}	МЛТ-0,5	15 кОм	C_{24}	ЭГЦ-б-12	1000 мкФ
R_{44}	МЛТ-0,5	300 Ом	C_{25}	ЭГЦ-б-12	2000 мкФ
R_{45}	МЛТ-0,5	3 кОм	C_{26}	МБГО-2-300	20 мкФ
R_{46}	МЛТ-0,5	51 кОм	C_{27}—C_{30}	ЭГЦ-б-400	20 мкФ
R_{47}	МЛТ-0,5	220 Ом	C_{31}, C_{32}	МБГП-2-200	0,5 мкФ
R_{48}	МЛТ-0,5	1,3 кОм	C_{33}	МБГП-2-400	0,5 мкФ
R_{49}	МЛТ-0,5	7,5 кОм	C_{34}, C_{35}	ЭГЦ-б-12	2000 мкФ
R_{50}	МЛТ-0,5	8,2 кОм	C_{36}	МБМ-160	1 мкФ
R_{51}	МЛТ-0,5	5,6 кОм	C_{37}	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{52}	МЛТ-0,5	330 Ом	C_{38}	МБМ-160	0,5 мкФ

Продолжение табл. 15

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
$Л_1$	6Ж1П-В	—	$Л_{13}$	6Ж1П	—
$Л_2$	6Н14П	—	$Л_{14}$	СГ2П	—
$Л_3$—$Л_5$	6Ж1П	—	$Л_{15}$	1Б10-17	—
$Л_6$—$Л_8$	6Ж5П	—	$Л_{16}$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
$Л_9$, $Л_{10}$	6А7	—	$Д_1$—$Д_8$	Д7Г	—
$Л_{11}$	6Ц4П	—	*ИП*	Микроамперметр	—
$Л_{12}$	6С19П	—			

3. Переключатель «милливольт» установить в положение «× 100 калибр.».

4. Подключить кабель питания к сети 220 В.

5. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка под шильдиком) и дать прибору прогреться 30 мин.

6. Ручкой «установка нуля» установить нуль индикатора.

7. Переключатель пределов перевести в положение «калибр.».

8. При необходимости ручкой «калибровка» установить стрелку индикатора на отметку шкалы «10».

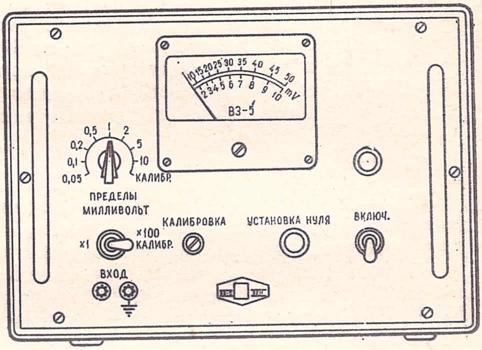


Рис. 15. Вид передней панели прибора В3-5.

Измерение напряжения

Для измерения напряжения необходимо:

1. Переключатель пределов установить в положение, соответствующее величине измеряемого напряжения.

2. Переключатель «милливольт» оставить в положении, установленном ранее, если величина измеряемого напряжения более 5 мВ, и перевести в положение «× 1», если измеряемое напряжение меньше 5 мВ.

3. Соединить комплектным кабелем «вход» прибора с исследуемой схемой.

При измерениях в цепях с постоянной составляющей следует помнить, что разделительный конденсатор во входной цепи на позиции «× 1» рассчитан на 160 В, на позиции «× 100» — до 450 В.

Величина измеренного напряжения определяется по показаниям индикатора в соответствии с положениями переключателей пределов и «милливольт».

При измерении напряжений с частотой сети величину измеренного напряжения следует определить как среднее арифметическое из двух измерений при разных полярностях включения штепсельной вилки в сеть питания.

Дополнительные указания

При транспортировке прибора переключатель сети следует установить в положение выключено. При этом рамка индикатора замыкается накоротко, что предохраняет стрелку от ударов.

Вольтметр переменного тока В3-6

Предназначен для измерения эффективных значений напряжений переменного тока синусоидальной и искаженной формы, а также шумов в лабораторных условиях.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения 150 мкВ — 200 В (или 76 — 46 дБ относительно 1В).
2. Диапазон частот 5 Гц — 1 МГц.
3. Неравномерность частотной характеристики не более ±3% в диапазоне 30 Гц — 200 кГц и ±5% в остальном диапазоне относительно 1000 Гц.
4. Основная погрешность не более ±3%.
5. Дополнительная погрешность за счет изменения сетевого напряжения на ±10% не более ±2%.
6. Шум и фон прибора, приведенные ко входу, не более 50 мкВ.
7. Входное сопротивление на частоте 1000 Гц около 5 МОм; входная емкость не более 25 пФ.
8. Нормальными условиями работы для прибора являются:
   температура окружающей среды от 10 до 35° С;
   нормальное давление 750 ± 40 мм рт. ст.;
   относительная влажность воздуха до 80%.
9. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 127, 220 В. Потребляемая мощность около 100 ВА.
10. Вес прибора 15 кг, габаритные размеры 390 × 275 × 280 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора В3-6 (рис. 16) состоит из входного делителя, катодного повторителя, второго делителя, широкополосного стабильного усилителя, индикаторного устройства, калибратора и блока питания.

Входной делитель реостатно-емкостный (R_1, C_1, C_2, R_2) с коэффициентом деления 1 : 1000 включается при работе на пределах 0,5—200 В переключателем $П_1$, ручка которого выведена на переднюю панель (см. рис. 17) с гравировкой «калибр., mV,— 60 db, V, 0 db». В положении «V,0 db» входной делитель включен. В положении «калибр., mV,— 60 db» входной сигнал подается непосредственно на сетку катодного повторителя.

Катодный повторитель собран на лампе $Л_1$. Нагрузкой его является второй делитель напряжения. Необходимый коэффициент деления устанавливается при помощи переключателя $П_2$, ручка которого выведена на переднюю панель с гравировкой «—12 — калибр.».

В положении «калибр.» этот переключатель подключает сетку лампы входного катодного повторителя к калибратору. В остальных положениях гравировка указывает на включенный предел измерения.

После второго делителя сигнал поступает на усилитель, работающий на лампах $Л_2$—$Л_7$ по схеме на сопротивлениях, с сильной обратной связью в тройках ламп (из четвертой лампы во вторую, из седьмой — в пятую) и с коррекцией дросселем L_1. На лампе $Л_8$ работает фазоинверсный каскад, который через катодные повторители на лампе $Л_9$ обеспечивает питание индикаторного устройства. Для передачи шумового сигнала без искажений усилитель имеет пятикратный запас по амплитудной характеристике.

Индикаторное устройство состоит из широкополосного трансформатора $Тр_1$, линейного детектора $Д_1Д_2$, квадратирующей цепочки на кристаллических кремниевых диодах $Д_3$—$Д_{10}$ с резисторами R_{67} — R_{85} и индикаторного прибора $ИП$.

Режим квадратирующей цепочки и тем самым чувствительность индикатора устанавливается изменением напряжения, снимаемого с потенциометра R_{87}, ручка которого на передней панели имеет гравировку «калибровка». При такой схеме

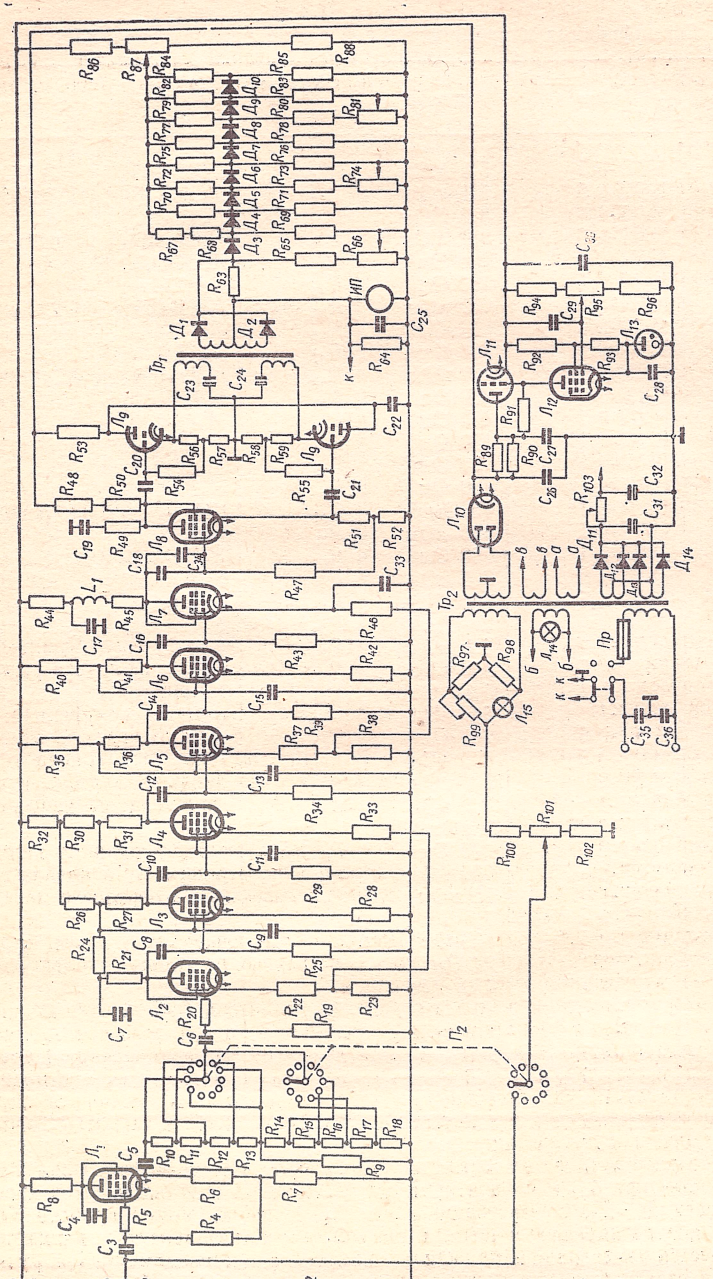

R86
R87
R84
R82
R79
R77
R75
R72
R70
R67
R68
R85
R83
R80
R78
R76
R73
R71
R69
R65
R88
R81
R74
R66
R63
Д3
Д4
Д5
Д6
Д7
Д8
Д9
Д10
Д1
Д2
ИП
C25
R64
к
Тр1
C23
C24
C22
Л9
R53
R48
R50
C20
R54
R56
R57
R58
R59
R55
C21
R49
C19
Л8
C18
C34
R51
R52
R47
C33
L1
R44
C17
R45
Л7
R46
C16
R40
R41
Л6
R43
R42
C15
C14
R35
R36
Л5
R37
R39
R38
C13
C12
R32
R30
R31
Л4
R34
R33
C11
C10
R26
R27
Л3
R29
R28
C9
R24
R21
C8
Л2
R25
R22
R23
C7
R20
R19
C6
П2
R14
R15
R16
R17
R18
R10
R11
R12
R13
R9
Л1
C5
R8
C4
R5
R6
R4
R7
C3
R3
П1
R1
R2
C1
C2
C38
R94
R95
R96
C29
Л11
Л13
R92
R93
C28
Л12
R91
R89
R90
C27
C26
R103
C32
Л10
C31
Д11
Д12
Д13
Д14
в
а
Тр2
R97
R98
Л14
б
к
Пр
R99
Л15
C35
C36
R100
R101
R102

Рис. 16. Принципиальная схема прибора В3-6.

16. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-6

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_{1}	МГП-0,5	5,1 МОм	R_{54}, R_{55}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{2}	БЛП-0,5	5,1 кОм	R_{56}	МЛТ-0,5	620 Ом
R_{3}	МЛТ-1	8,2 МОм	R_{57}, R_{58}	МЛТ-1	4,7 кОм
R_{4}	МЛТ-0,5	3,3 МОм	R_{59}	МЛТ-0,5	620 Ом
R_{5}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{63}	МЛТ-0,5	51 кОм
R_{6}	МЛТ-0,5	270 Ом	R_{64}	ММТ-4а	10 кОм
R_{7}	МЛТ-0,5	6,2 кОм	R_{65}	МЛТ-0,5	120 кОм
R_{8}	МЛТ-2	13 кОм	R_{66}	СП-1-1-А	470 кОм
R_{9}	БЛП-0,1	300 Ом	R_{67}	МЛТ-1	8,2 МОм
R_{10}	БЛП-0,1	1,5 кОм	R_{68}	МЛТ-0,5	5,1 МОм
R_{11}	БЛП-0,1	750 Ом	R_{69}	УЛИ-0,25	62 кОм
R_{12}	БЛП-0,1	450 Ом	R_{70}	МЛТ-1	8,2 МОм
R_{13}, R_{14}	БЛП-0,1	150 Ом	R_{71}	УЛИ-0,25	54 кОм
R_{15}	БЛП-0,1	90 Ом	R_{72}	МЛТ-0,5	3,3 МОм
R_{16}	БЛП-0,1	30 Ом	R_{73}	УЛИ-0,25	36 кОм
R_{17}, R_{18}	БЛП-0,1	15 Ом	R_{74}	СП-1-1-А	15 кОм
R_{19}	МЛТ-0,5	470 кОм	R_{75}	МЛТ-0,5	1,5 МОм
R_{20}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{76}	УЛИ-0,25	28,5 кОм
R_{21}	МЛТ-1	7,5 кОм	R_{77}	УЛИ-0,25	707 кОм
R_{22}	МЛТ-0,5	300 Ом	R_{78}	УЛИ-0,25	24,4 кОм
R_{23}	ВС-0,25	27 Ом	R_{79}	УЛИ-0,25	306 кОм
R_{24}	МЛТ-1	5,1 кОм	R_{80}	БЛП-0,25	13 кОм
R_{25}	МЛТ-0,5	470 кОм	R_{81}	СП-1-1-А	4,7 кОм
R_{26}	МЛТ-2	5,1 кОм	R_{82}	УЛИ-0,25	126 кОм
R_{27}	МЛТ-1	7,5 кОм	R_{83}	БЛП-0,25	10,75 кОм
R_{28}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{84}	УЛИ-0,25	39 кОм
R_{29}	МЛТ-0,5	470 кОм	R_{85}	БЛП-0,25	6,4 кОм
R_{30}	МЛТ-2	5,1 кОм	R_{86}	МЛТ-2	43 кОм
R_{31}	МЛТ-1	3,3 кОм	R_{87}	СП-1-1-А	22 кОм
R_{32}	МЛТ-2	3 кОм	R_{88}	МЛТ-0,5	16 кОм
R_{33}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{89}, R_{90}	МЛТ-2	1,3 кОм
R_{34}	МЛТ-0,5	300 кОм	R_{91}	МЛТ-1	1 МОм
R_{35}	МЛТ-1	10 кОм	R_{92}	МЛТ-2	9,1 кОм
R_{36}	МЛТ-0,5	7,5 Ом	R_{93}	МЛТ-2	3,9 кОм
R_{37}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{94}	МЛТ-1	43 кОм
R_{38}	ВС-0,25	27 Ом	R_{95}	ППИ-(б)	14 кОм
R_{39}	МЛТ-0,5	470 кОм	R_{96}	МЛТ-2	51 кОм
R_{40}	МЛТ-1	10 кОм	R_{97}	ПИ	80 Ом
R_{41}	МЛТ-1	7,5 кОм	R_{98}	ПИ	40 Ом
R_{42}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{99}	ППИ-1	51 Ом
R_{43}	МЛТ-0,5	470 кОм	R_{100}	ПИ	10 кОм
R_{44}	МЛТ-1	5,1 кОм	R_{101}	ППИ-1	51 Ом
R_{45}	МЛТ-0,5	4,7 кОм	R_{102}	ПИ	80 Ом
R_{46}	ВС-0,25	27 Ом	R_{103}	ПЭВ-10	10 Ом
R_{47}	МЛТ-0,5	470 кОм	C_{1}	КПК-1	2—7 пФ
R_{48}	ПЭВ-7,5	2,2 кОм	C_{2}	КСО-5-500	4300 пФ
R_{49}, R_{50}	МЛТ-2	2 кОм	C_{3}	КБГ-И-400	0,05 мкФ
R_{51}	МЛТ-0,5	120 Ом	C_{4}	МБГО-2-300	20 мкФ
R_{52}	МЛТ-2	910 Ом	C_{5}	КЭ-2	30 мкФ
R_{53}	МЛТ-2	3 кОм	C_{6}	КБГ-И-200	0,1 мкФ

Продолжение табл. 16

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_7	МБГО-2-300	20 мкФ	C_{30}	МБГО-2-200	10 мкФ
C_8	КБГ-И-200	0,1 мкФ	C_{31}, C_{32}	ЭГЦ-6-12	2000 мкФ
C_9	МБГО-2-300	20 мкФ	C_{33}	КСО-1-250-В	470 пФ
C_{10}	КБГ-И-200	0,1 мкФ	C_{34}	КСО-5-500-В	2400 пФ
C_{11}	МБГО-2-300	10 мкФ	C_{35}, C_{36}	КБГ-И-600	0,01 мкФ
C_{12}	КБГ-И-200	0,1 мкФ	L	—	—
C_{13}	МБГО-2-300	10 мкФ	$Л_1$—$Л_7$	6Ж1П	—
C_{14}	КБГ-И-200	0,1 мкФ	$Л_8$	6П14П	—
C_{15}	МБГО-2-300	10 мкФ	$Л_9$	6Н1П	—
C_{16}	КБГ-И-200	0,1 мкФ	$Л_{10}$	5Ц4С	—
C_{17}	МБГО-2-300	10 мкФ	$Л_{11}$	6С19П	—
C_{18}	КБГ-И-600	1500 пФ	$Л_{12}$	6Ж1П	—
C_{19}	МБГО-2-300	30 мкФ	$Л_{13}$	СГ2П	—
C_{20}, C_{21}	КБГ-И-400	0,05 мкФ	$Л_{14}$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
C_{22}	МБГО-2-300	10 мкФ	$Л_{15}$	МН-13	5,3 В; 0,28 А
C_{23}, C_{24}	ЭГЦ-6-50	200 мкФ	ИП	Микроамперметр	—
C_{25}	ЭГЦ-6-12	1000 мкФ			
C_{26}, C_{27}	МБГО-2-200	10 мкФ	$Д_1$, $Д_2$	Д2Ж	—
C_{28}, C_{29}	МГП-2-200	0,5 мкФ	$Д_3$—$Д_{10}$	Д106А	—
			$Д_{11}$—$Д_{14}$	ДГ-Ц24	—

измерительного устройства показания индикаторного прибора пропорциональны U^2. В этом случае прибор измеряет эффективное значение напряжения независимо от его формы.

Для поверки чувствительности прибора в схеме имеется калибратор, выполненный в виде моста с нелинейным сопротивлением ($Л_{15}$) в одном из плеч. Три других плеча образованы резисторами R_{97}—R_{99}. Для калибровки используется стабильное напряжение в выходной диагонали моста. Величина его, подаваемая на вход прибора (10 мВ), регулируется потенциометром R_{101} (внутри прибора).

Блок питания содержит выпрямитель на лампе $Л_{10}$ с электронным стабилизатором $Л_{11}$—$Л_{13}$ для питания анодных цепей и цепей экранных сеток и выпрямитель на диодах $Д_{11}$—$Д_{14}$ для питания накала ламп $Л_1$—$Л_4$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-6 приведена в табл. 16.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 17).

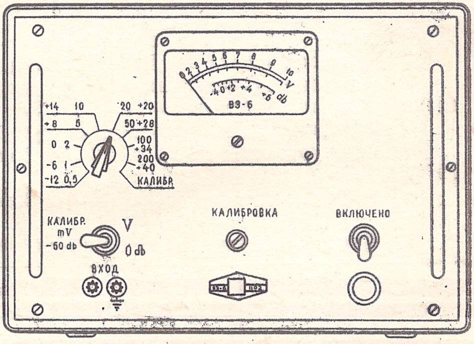


Рис. 17. Вид передней панели прибора В3-6.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети «включено» установить в положение выключено.
2. Убедиться в соответствии положения предохранителя силового трансформатора напряжению сети.
3. Подключить кабель питания к сети.

4. Переключатель входного делителя установить в положение «калибр., mV,— 60 db». Переключатель пределов установить в любое положение, кроме «калибр.».

5. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка под шильдиком) и дать прибору прогреться в течение 20 мин.

6. Механическим корректором нуля установить стрелку прибора на нуль.

7. Переключатель пределов измерения установить в положение «калибр.». Стрелка прибора должна при этом установиться на крайнюю отметку шкалы. При необходимости стрелку устанавливают на крайнюю отметку ручкой «калибровка».

Измерение напряжения

Для измерения напряжения необходимо:

1. Переключатель пределов установить в положение, соответствующее измеряемому напряжению.

2. Измеряемое напряжение подвести к входу прибора.

При измерениях в цепях с постоянной составляющей следует иметь в виду, что сопротивление входного делителя рассчитано на 400 В, поэтому суммарное напряжение постоянной составляющей с измеряемой переменной не должно превышать 400 В.

3. Величина измеренного напряжения определяется по шкалам прибора в соответствии с установленным пределом измерения.

4. При длительной работе необходимо периодически контролировать калибровку прибора. Для этого следует отключить измеряемое напряжение и выполнить пп. 4, 6, 7 раздела «Подготовка прибора к работе».

Вольтметр переменного тока В3-7

Предназначен для измерения эффективного значения напряжений синусоидальной формы в лабораторных условиях и может быть использован в качестве усилителя.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения напряжения:

0,3 мВ — 3 В при несимметричном входе 1 : 100.

2. Диапазон частот 20 Гц — 200 кГц.

3. Основные погрешности прибора, выраженные в процентах от верхнего значения шкалы, приведены в табл. 17.

4. Дополнительная погрешность при изменении:

температуры от 20 до 10 и 35° С не более основной погрешности на каждые 10° С;

напряжения питания на ±10% не более половины основной погрешности.

17. Основные погрешности прибора типа В3-7, %

Диапазон частот, кГц	Пределы измерения		
	0,3—1 мВ	1 мВ—3 В	3—300 В
Несимметричный вход			
0,055—3	2,5	1,5	2,5
0,02—200	4	2,5	4
Симметричный вход			
0,02—20	6	4	—

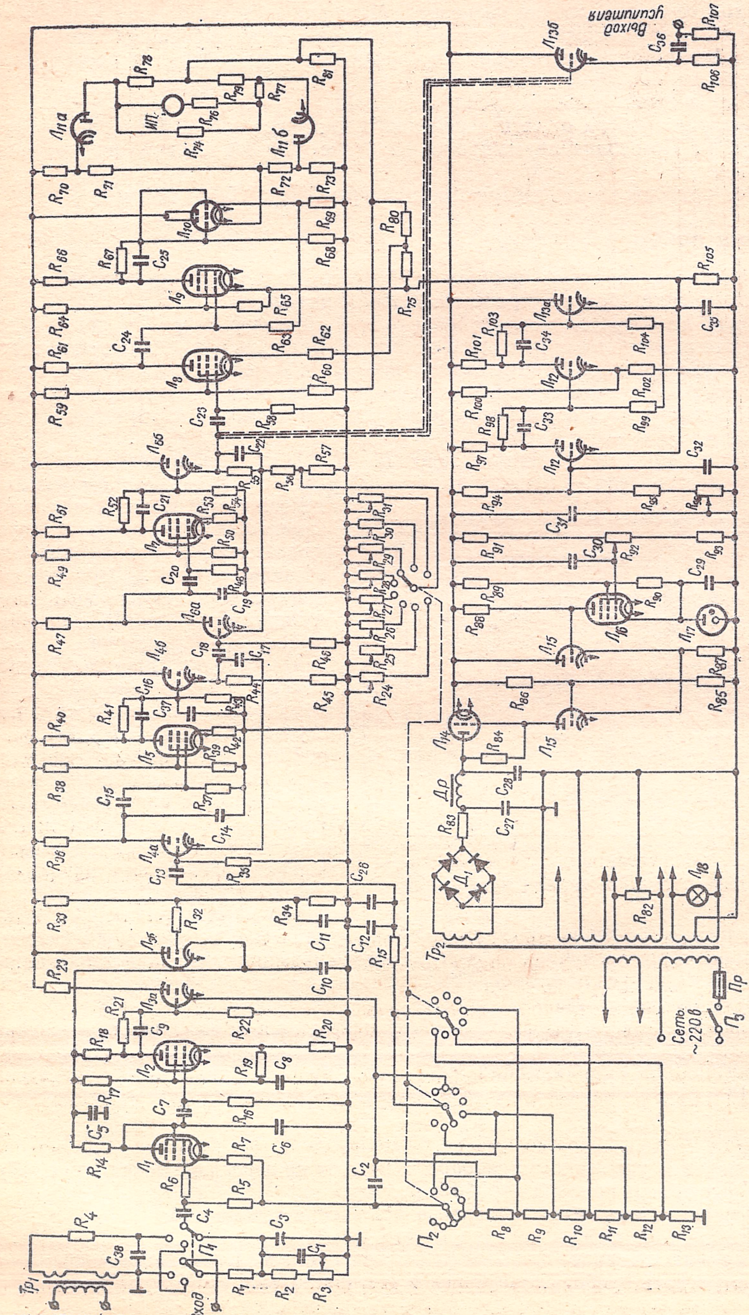

Симметричный вход
Вход
Тр1
R4
C38
П1
C4
C3
C1
R1
R2
R3
R5
R6
R7
Л1
R14
C5
R17
C6
R16
C7
Л2
R19
C8
R18
R21
C9
R20
R22
Л3а
R23
Л3б
R32
R33
C10
C11
R34
C12
C26
R15
C2
П2
R8
R9
R10
R11
R12
R13
Тр2
Сеть ~220 В
П3
Пр
Л18
R82
Д1
R83
Др
C27
C28
Л14
R84
Л15
R86
R85
R87
Л17
Л16
R88
R89
R90
C29
R91
R92
R93
C30
C31
R94
R95
R96
C32
Л12
R97
R98
C33
R99
R100
R101
R102
R103
C34
R104
Л13а
C35
R105
R106
R107
C36
Л13б
Выход усилителя
R80
R75
R81
Л11б
Л11а
R70
R71
R72
R73
R74
R76
R77
R78
R79
ИП
Л10
R66
R67
C25
R68
R69
Л9
R64
R65
R61
C24
R63
R62
Л8
R59
R60
C23
R58
Л6б
R57
C22
R56
R55
R54
R53
R52
C21
R51
Л7
R50
R49
C20
R48
C19
Л6а
R47
C18
C17
Л4б
R46
R45
R44
R43
R24
R25
R26
R27
R28
R29
R30
R31
C16
C37
R41
R40
Л5
R42
R39
R38
C15
R37
C14
Л4а
R36
C13
R35

Рис. 18. Принципиальная схема прибора В3-7.

5. Входное сопротивление не менее 2 МОм при несимметричном входе и не менее 200 кОм при симметричном входе. Входная емкость прибора не более 25 пФ. Собственная емкость экранированного кабеля для подключения к исследуемой схеме не более 75 пФ.

6. Коэффициент усиления усилителя 1000.

7. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В ± 2%. Потребляемая мощность не более 100 ВА. Время непрерывной работы 8 ч.

8. Вес прибора 18 кг, габаритные размеры 390 × 290 × 280 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора В3-7 (рис. 18) состоит из входной цепи усилителя, индикаторного устройства и блока питания.

Входная цепь представляет собой входной трансформатор $Тр_1$ при работе с симметричным входом или реостатно-емкостный делитель при работе с несимметричным входом в положении переключателя 1 : 100. В положении переключателя 1 : 1 сигнал с гнезда «вход» подается непосредственно на вход усилителя. Вид работы устанавливается переключателем $П_1$, ручка которого на передней панели обозначена «1 : 100 — 1 : 1 сим.».

Усилитель прибора собран на лампах $Л_1$—$Л_{10}$. Нагрузкой первого каскада — катодного повторителя — служит реостатный делитель R_7—R_{13}. Коэффициент деления (пределы измерения) изменяется при помощи переключателя $П_2$, ручка которого обозначена «mV». Одна из секций этого переключателя коммутирует переменные сопротивления R_{24}—R_{31}, которые служат для подгонки пределов измерения по шкалам.

После усилителя сигнал поступает на измерительное устройство, работающее по двухполупериодной схеме выпрямления на лампе $Л_{11}$ с индикатором *ИП*. Кроме того, с нагрузки лампы *Л6б* сигнал подается на выходной катодный повторитель ($Л_{13}б$), с выхода которого подводится к гнезду «выход усил.».

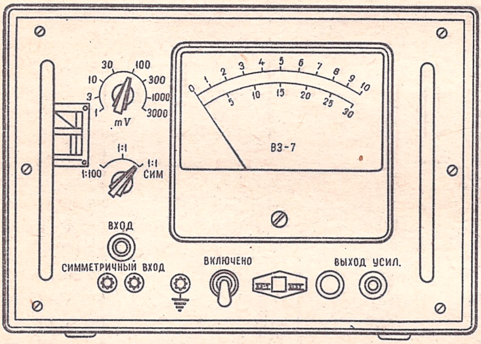


Рис. 19. Вид передней панели прибора В3-7.

Блок питания содержит выпрямитель на германиевых диодах $Д_1$ с электронным стабилизатором на лампах $Л_{14}$—$Л_{17}$. Для уменьшения пульсаций напряжение к первым каскадам усилителя ($Л_1$—$Л_2$) подводится через *RC*-фильтр и электронный фильтр на лампе *Л3б*.

На лампах $Л_{12}$—*Л13а* собрана стабилизирующая схема, обеспечивающая получение напряжения 25 В для создания режима измерительного устройства.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-7 приведена в табл. 18.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 19). Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети поставить в положение выключено.

2. Подключить кабель питания к сети 220 В.

3. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка под шильдиком) и дать прибору прогреться в течение 30 мин.

18. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-7

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МЛТ-0,5	2 МОм	R_{60}	МЛТ-0,5	150 кОм
R_2	БЛП-0,25	20 кОм	R_{61}	МЛТ-1	20 кОм
R_3	Потенциометр	3,2 кОм	R_{62}	МЛТ-0,5	1 кОм
R_4	МЛТ-0,5	150 кОм	R_{63}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_5	МЛТ-0,5	2 МОм	R_{64}	МЛТ-1	56 кОм
R_6	УЛМ-0,12	1 кОм	R_{65}	МЛТ-1	68 кОм
R_7	МЛТ-0,5	1,3 кОм	R_{66}	МЛТ-1	20 кОм
R_8	Проволочный	1,2 кОм	R_{67}	МЛТ-0,5	3 МОм
R_9	»	420 Ом	R_{68}	МЛТ-0,5	820 кОм
R_{10}	»	120 Ом	R_{69}	МЛТ-1	4,3 кОм
R_{11}	»	42 Ом	R_{70}	МЛТ-1	68 кОм
R_{12}	»	12 Ом	R_{71}, R_{72}	УЛИ-0,25	1 кОм
R_{13}	»	6 Ом	R_{73}	МЛТ-1	12 кОм
R_{14}	МЛТ-1	20 кОм	R_{74}	Проволочный	4,45 кОм
R_{15}	МЛТ-0,5	12 кОм	R_{75}	»	1,26 кОм
R_{16}	МЛТ-0,5	2 МОм	R_{76}	»	2 кОм
R_{17}	МЛТ-1	30 кОм	R_{77}	»	6,8 кОм
R_{18}	МЛТ-1	20 кОм	R_{78}, R_{79}	МЛТ-0,5	1,5 кОм
R_{19}	МЛТ-1	68 кОм	R_{80}	УЛИ-0,25	510 Ом
R_{20}	МЛТ-1	500 Ом	R_{81}	МЛТ-1	12 кОм
R_{21}	МЛТ-0,5	5,1 МОм	R_{82}	Потенциометр	51 Ом
R_{22}	МЛТ-1	300 кОм	R_{83}	ПЭВ-10	30 Ом
R_{23}	МЛТ-1	100 Ом	R_{84}	МЛТ-1	470 кОм
R_{24}—R_{31}	Потенциометр	300 Ом	R_{85}	МЛТ-2	75 кОм
R_{32}	МЛТ-0,5	1 кОм	R_{86}	МЛТ-2	43 кОм
R_{33}, R_{34}	МЛТ-1	560 кОм	R_{87}	МЛТ-2	75 кОм
R_{35}	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{88}	МЛТ-1	1 МОм
R_{36}	МЛТ-1	20 кОм	R_{89}	МЛТ-2	6,2 кОм
R_{37}	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{90}	МЛТ-2	3,9 кОм
R_{38}	МЛТ-1	68 кОм	R_{91}	МЛТ-1	33 кОм
R_{39}	МЛТ-1	56 кОм	R_{92}	СП-1-1-А	10 кОм
R_{40}	МЛТ-1	20 кОм	R_{93}	МЛТ-1	33 кОм
R_{41}	МЛТ-0,5	5,1 МОм	R_{94}	УЛИ-0,5	150 кОм
R_{42}	МЛТ-1	220 Ом	R_{95}	УЛИ-0,5	27 кОм
R_{43}	УЛИ-0,25	360 кОм	R_{96}	Потенциометр	3,2 кОм
R_{44}	МЛТ-1	2 кОм	R_{97}	МЛТ-0,5	470 кОм
R_{45}	Проволочный	120 Ом	R_{98}	МЛТ-0,5	3,6 МОм
R_{46}	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{99}	МЛТ-0,5	1,1 МОм
R_{47}	МЛТ-1	20 кОм	R_{100}	МЛТ-0,5	240 кОм
R_{48}	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{101}	МЛТ-0,5	300 кОм
R_{49}	МЛТ-1	68 кОм	R_{102}	МЛТ-0,5	47 кОм
R_{50}	МЛТ-1	56 кОм	R_{103}	МЛТ-0,5	1,8 МОм
R_{51}	МЛТ-1	20 кОм	R_{104}	МЛТ-0,5	470 кОм
R_{52}	МЛТ-0,5	5,1 МОм	R_{105}	МЛТ-1	3 кОм
R_{53}	МЛТ-1	220 Ом	R_{106}	МЛТ-1	10 кОм
R_{54}	УЛИ-0,25	360 кОм	R_{107}	МЛТ-0,5	2 МОм
R_{55}	МЛТ-1	2 кОм	C_1	КТ-1а-М47	15 пФ
R_{56}, R_{57}	Проволочный	150 Ом	C_2	КТ-1а-М700	47 пФ
R_{58}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_3	КПК-1	8—30 пФ
R_{59}	МЛТ-0,5	110 кОм	C_4	МБМ-500	0,1 мкФ

Продолжение табл. 18

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_5	КТ-2а-М700	360 пФ	C_{31}	МБГО-2-160	20 мкФ
C_6	КТ-1а-М700	100 пФ	C_{32}—C_{34}	МБМ-160	0,5 мкФ
C_7—C_9	МБМ-160	0,5 мкФ	C_{35}, C_{36}	МБМ-160	1 мкФ
C_{10}	МБГО-1-160	20 мкФ	C_{37}	КТ-1а-М700	15 пФ
C_{11}	МБМ-160	1 мкФ	C_{38}	КТ-1а-М700	7 пФ
C_{12}	КПК-1	8—30 пФ	$Л_1$, $Л_2$	6Ж1П	—
C_{13}	МБМ-160	0,26 мкФ	$Л_3$	6Н14П	—
C_{14}	КТ-1а-М700	30 пФ	$Л_4$	6Н3П	—
C_{15}	МБМ-160	0,25 мкФ	$Л_5$	6Ж1П	—
C_{16}	БГМ-2-400	0,033 мкФ	$Л_6$	6Н3П	—
C_{17}	КТ-1а-М700	18 пФ	$Л_7$—$Л_9$	6Ж1П	—
C_{18}	МБМ-160	0,25 мкФ	$Л_{10}$	6Н3П	—
C_{19}	КТ-1а-М700	47 пФ	$Л_{11}$	6Х2П	—
C_{20}	МБМ-160	0,25 мкФ	$Л_{12}$, $Л_{13}$	6Н3П	—
C_{21}	БГМ-2-400	0,033 мкФ	$Л_{14}$	6С19П	—
C_{22}	КТ-1а-М700	18 пФ	$Л_{15}$	6Н3П	—
C_{23}	МБМ-160	0,25 мкФ	$Л_{16}$	6Ж1П	—
C_{24}	МБМ-160	0,25 мкФ	$Л_{17}$	СГ2С	—
C_{25}	БГМ-2-400	0,033 мкФ	$Л_{18}$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
C_{26}	КТ-1а-М47	7 пФ	$Д_1$	Д7Ж	—
C_{27}, C_{28}	МБГО-2-300	10 мкФ	ИП	Микроамперметр	—
C_{29}, C_{30}	МБМ-160	0,5 мкФ			

Измерение напряжения

Для измерения напряжения следует:

1. Переключатель «mV» установить в положение, соответствующее величине измеряемого напряжения.

2. Переключатель вида работы установить в положение:

«1 : 100» для измерения напряжения от 3 до 300 В при несимметричном входе;

«1 : 1» для измерения напряжения до 3 В при несимметричном входе;

«1 : 1 сим.» для измерения напряжения до 3 В при симметричном входе.

3. Подать измеряемое напряжение на гнездо «вход» при работе с несимметричным входом или на клеммы «симметричный вход» при работе с симметричным входом.

4. Величину измеренного напряжения определить по показаниям индикатора в соответствии с положением переключателя пределов «mV» и переключателя вида работ «1 : 100» — «1 : 1 сим.».

Использование усилителя прибора В3-7

При необходимости в приборе В3-7 может быть использован усилитель с коэффициентом усиления до 1000.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель вида работы установить в положение «1 : 1» при несимметричном входе или «1 : 1 сим.»— при симметричном входе.

2. Переключатель «mV» установить в положение, соответствующее величине усиливаемого напряжения.

3. Подвести усиливаемый сигнал к гнезду «вход» при несимметричном входе или к клеммам «симметричный вход» при симметричном входе.

4. Усиленный сигнал снимать с гнезда «выход усил.».

Вольтметр переменного тока В3-9

Предназначен для поверки генераторов стандартных сигналов по уровню выходного напряжения, а также может быть использован для точных измерений эффективного значения напряжения синусоидальной формы в лабораторных условиях.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения напряжений 20—1250 мВ в диапазоне частот 20 Гц — 300 МГц.

2. Основная погрешность вольтметра при измерении напряжения синусоидальной формы не более $\pm\left(0{,}2+\frac{0{,}08}{U_x}\right)\%$, где U_x — эффективное значение измеряемого напряжения, В.

3. Дополнительная частотная погрешность измерения лежит в пределах $(-0{,}007 \pm 0{,}007)f\%$, где f — рабочая частота, МГц. Систематическая часть этой погрешности исключается введением поправки, равной $\pm 0{,}007f\%$.

4. Дополнительная погрешность за счет искаженной формы измеряемого напряжения при напряжении менее 0,15 В не более $\pm 0{,}5\ K_f$ (для $K_f \leqslant 0{,}15$).

5. Дополнительная погрешность рассогласования с волновым сопротивлением 75 Ом не более ±1% при частотах до 100 МГц, ±2% — до 200 МГц и ±5% — до 300 МГц, что соответствует коэффициенту отражения нагрузки соединительной головки № 8, входящей в комплект вольтметра, не более 0,01; 0,02 и 0,05 соответственно.

6. Суммарная погрешность вольтметра, %:

при поверке Г4, предназначенных для работы в несогласованных трактах (например, Г4-1А, Г4-7 и аналогичных), определяется по табл. 19;

19. Суммарная погрешность прибора типа В3-9 при работе в несогласованных трактах, %

U, В	Частота, МГц				
	до 1	30	100	200	300
0,1	1,0	1,2	1,5	2,1	2,7
0,5	0,4	0,5	1,1	1,6	2,3
1,0	0,3	0,4	0,9	1,6	2,3

при поверке Г4, предназначенных для работы в согласованных трактах с волновым сопротивлением 75 Ом, определяется по табл. 20.

20. Суммарная погрешность прибора типа В3-9 при работе в согласованных трактах ($\rho = 75$ Ом), %

U, В	Частота, МГц			
	30	100	200	300
0,1	1,4	2,0	3,5	7,0
1,0	0,8	1,7	3,0	6,5

7. Питание прибора от аккумуляторов НКН-45 (2 шт.) и батарей 1,35-ТВМЦ-50 или 3С-Л-30 (2 шт.). Потребляемый ток около 0,6 А и 2 мА соответственно.

8. Вес прибора (без аккумулятора) 22 кг, габаритные размеры 500×340×370 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора В3-9 (рис. 20) состоит из вольтметра, устройства для установки режима диода, устройства для поверки диода, устройства для установки рабочего тока.

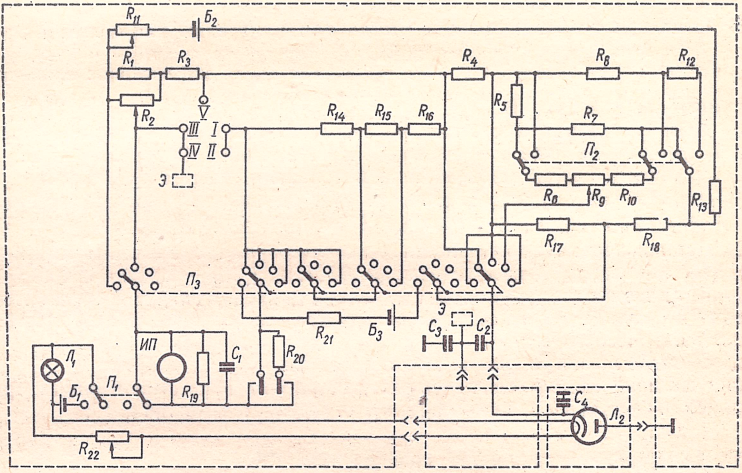


Рис. 20. Принципиальная схема прибора В3-9.

Схема вольтметра (рис. 21) представляет собой компенсационную схему измерения напряжения с детектированием его при помощи вакуумного диода. В работе схемы вольтметра используется метод постоянного среднего значения тока диода. Сущность его состоит в том, что при двух операциях «установка нуля» и «измерение» устанавливается одинаковое значение тока диода, которое выражается зависимостью

$$I_д = I_{д0} e^{kU},$$

где $I_д$ — ток диода при напряжении U; $I_{д0}$ — ток диода при нулевом напряжении; k — параметр диода, зависящий от температуры катода.

При операции «установка нуля» напряжение компенсации устанавливается равным нулю; в цепи диода течет ток $I_{д0}$, который на резисторе R создает падение напряжения $U_к = I_{д0} R$. Если подобрать напряжение смещения $U_к = -I_{д0} R$ и нажать кнопку *Кн*, то в цепи гальванометра *Г* тока не будет.

При операции «измерение» на диод подают измеряемое напряжение $U_m \cos \omega t$, ток диода при этом изменится. Тогда, регулируя напряжение компен-

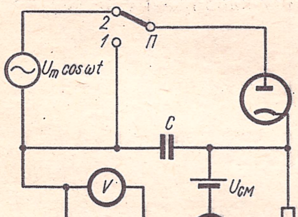


Рис. 21. Упрощенная схема компенсационного вольтметра.

сации $U_\text{к}$, добиваются равенства токов диода $I_\text{д} = I_{\text{д}0}$ которое фиксируется гальванометром. В этом случае амплитуда измеряемого напряжения U_m связана с напряжением компенсации $U_\text{к}$ следующей зависимостью:

$$U_\text{к} = \frac{\ln J_0 (kU_m)}{k},$$

где $J_0\ (kU_m)$ — функция Бесселя нулевого порядка от мнимого аргумента.

При постоянном k необходимое компенсационное напряжение определяется только амплитудой напряжения. В приборе В3-9 значение параметра $k = 10$ устанавливается регулировкой напряжения накала.

Для выполнения указанных операций в схеме прибора В3-9 требуемый режим работы устанавливают переключателем $П_3$, ручка которого на передней панели обозначена «род работы».

Напряжение смещения создается током батареи $Б_2$ (2 шт.) на резисторах R_1—R_4. Величина его регулируется потенциометром R_2, ручка которого обозначена «установка нуля». Напряжение компенсации создается током батареи $Б_2$ на резисторах R_5—R_{12}, R_{17}, R_{18}. Величина его регулируется потенциометром R_9, ручка которого обозначена «измеряемое напряжение в милливольтах».

Для правильной работы вольтметра необходимы строго определенные величины напряжения смещения и компенсации. В схеме прибора это условие выполняется установкой определенной величины тока (1 мА) в цепи потенциометра R_1—R_{12}, R_{17}, R_{18}. Для установки тока компенсационным методом служит э. д. с. нормального элемента $Б_3$, включаемого в схему переключателем $П_3$ («род работы») в положение «уст. раб. тока».

Вольтметр градуируется с учетом того, что у диода экспоненциальная характеристика. Чтобы уменьшить погрешность за счет неэкспоненциальности диодов, их отбирают предварительно по току эмиссии. Для этого выполняют операции «установка рабочего тока», «установка нуля», «установка накала». Если при этом отсчет по лимбу «установка нуля» будет в пределах 25—375 делений, то диод считается годным.

Экспоненциальность диодов проверяют по трем точкам вольт-амперной характеристики. По двум из них устанавливают накал, в третьей точке проверяют приращение тока при подаче на диод фиксированного напряжения относительно начальной точки.

Установка накала или определение параметра диода производится из следующих предпосылок.

Отношение токов, соответствующих двум значениям напряжения на диоде,

$$\frac{I_{\text{д}1}}{I_{\text{д}2}} = e^{k\,(U_1 - U_2)}.$$

Отсюда параметр диода

$$k = \frac{\ln \dfrac{I_{\text{д}1}}{I_{\text{д}2}}}{U_1 - U_2}.$$

В приборе В3-9 после операции «установка нуля» переключатель «род работы» переводят в положение «установка нуля». При этом напряжение смещения, передаваемое на диод, уменьшается на 0,1 В за счет исключения резистора R_4, а общее сопротивление в катоде уменьшается в e (2,7183) раз. Если значение тока при переключениях остается постоянным, то напряжение накала установлено нормальным и параметр $k = 10$, т. е. удовлетворяет нормальной работе. Постоянство тока фиксируется по нулевым показаниям гальванометра.

Если при переводе прибора в режим «установка накала» ток диода изменяется, отклоняется стрелка гальванометра, необходимо изменить напряжение накала регулировкой переменного сопротивления R_{22}, ручка которого обозначена «установка накала». После этого следует снова выполнить операции «установка нуля» и «установка накала» до получения равенства токов в обоих положениях переключателя «род работы».

Для определения приращения тока переключатель «род работы» переводят в положение «проверка диода». При этом в цепи катода замыкаются резисторы R_{14} и R_{15} (диод проверяют при установке переключателя $П_2$—пределы измерения—в положение «15—300»). На вход прибора В3-9 от внешнего источника подается постоянное напряжение, регулировкой которого стрелка гальванометра устанавливается на нуль. Затем переключатель «род работы» переводят в положение «измерение». При этом резисторы R_{14} и R_{15} снова включатся в цепь катода диода и через гальванометр потечет ток. Изменением напряжения компенсации при помощи потенциометра R_9 «измеряемое напряжение в милливольтах» снова устанавливается нуль тока гальванометра.

Диод считается годным, если при выполнении указанной операции указатель потенциометра R_9 займет положение между отметками 250—252 мВ.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-9 приведена в табл. 21.

21. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-9

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	Специальный	206 Ом	R_{17}	Специальный	50 Ом
R_2	Потенциометр	200 Ом	R_{18}	»	58,65 Ом
R_3, R_4	Специальный	100 Ом	R_{19}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_5	»	230,6 Ом	R_{20}	МЛТ-0,5	510 Ом
R_6	»	10 Ом	R_{21}	МЛТ-0,5	150 Ом
R_7	»	3400 Ом	R_{22}	Потенциометр	2,2 Ом
R_8	»	315 Ом	C_1—C_3	МБГП-2-200	1 мкФ
R_9	Потенциометр	2300 Ом	C_4	Специальный	800 пФ
R_{10}	Специальный	50 Ом	$Л_1$	МН-3	2,5 В; 0,14
R_{11}	Потенциометр	300 Ом	$Л_2$	2Д1С	—
R_{12}	Специальный	1312 Ом	$Б_1$	2 НКН-45	—
R_{13}	»	840 Ом	$Б_2$	1,35-ТВМЦ-50	—
R_{14}	»	316,06 Ом	$Б_3$	Нормальный элемент ненасыщенный	III кл.
R_{15}	»	118,14 Ом			
R_{16}	»	65,8 Ом			
			ИП	М95	—

Подготовка прибора к работе

При подготовке прибора к работе необходимо переключатель сети «вкл.» (рис. 22) поставить в положение выключено, а затем установить в соответствующие отсеки источники питания. Под крышками на задней стенке помещаются нормальный элемент III класса (в среднем отсеке) и два аккумулятора НКН-45 (в крайних отсеках). Под крышкой на верхней стенке кожуха помещаются два элемента 1,35-ТВМЦ-50 или 3С-Л-30.

Категорически запрещается пользоваться источниками питания, отличающимися по типу от входящих в комплект прибора, и выносить эти источники из корпуса прибора или работать с открытыми на задней стенке прибора отсеками.

Прибор с установленными источниками питания во избежание порчи нормального элемента переворачивать нельзя.

Все элементы управления прибором выведены на лицевую панель (рис. 22).

Для удобства подключения к различным исследуемым приборам и схемам к прибору В3-9 придается комплект соединительных колодок из 10 штук со следующим назначением:

№ 1 — для соединения пробника В3-9 с делителем генераторов Г4-1А; Г4-18;

№ 2 — для соединения гнезда колодки № 4 или штыря колодки № 5 с генератором звуковой частоты;

№ 3 — для соединения пробника В3-9 с 75-омной нагрузкой генераторов Г4-7, ГК4-4 и т. п.;

№ 4 — для соединения пробника В3-9 со штыревым 75-омным разъемом, или 75-омной нагрузкой генератора Г3-8, или с колодкой № 2;

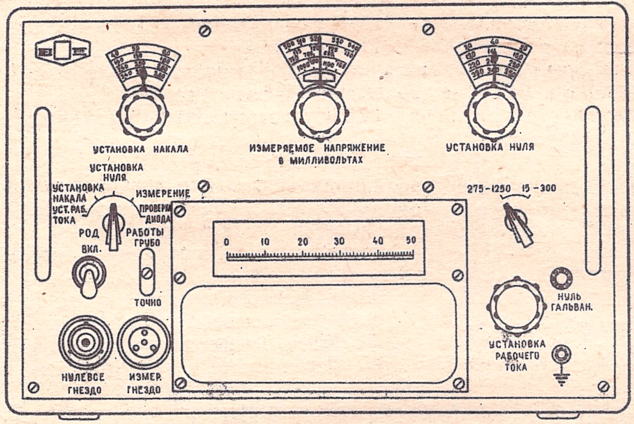

УСТАНОВКА НАКАЛА
ИЗМЕРЯЕМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ В МИЛЛИВОЛЬТАХ
УСТАНОВКА НУЛЯ
УСТАНОВКА НУЛЯ
УСТАНОВКА НАКАЛА
УСТ. РАБ. ТОКА
ИЗМЕРЕНИЕ
ПРОВЕРКИ ДИОДА
РОД РАБОТЫ
ВКЛ.
ГРУБО
ТОЧНО
275-1250
15-300
0
10
20
30
40
50
НУЛЬ ГАЛЬВАН.
УСТАНОВКА РАБОЧЕГО ТОКА
НУЛЕВОЕ ГНЕЗДО
ИЗМЕР. ГНЕЗДО

Рис. 22. Вид передней панели прибора В3-9.

№ 5 — для соединения пробника В3-9 с гнездовым 75-омным разъемом или соединительной колодкой № 2;

№ 6 — для соединения пробника В3-9 с выходом «1 вольт» генераторов Г4-1А и Г4-18;

№ 7 — для соединения пробника В3-9 со штыревым 75-омным разъемом или соединительной колодкой № 2 и вольтметром ВКС-7Б;

№ 8 — для соединения пробника В3-9 со штыревым 75-омным разъемом. Она же является 75-омной нагрузкой при поверке генераторов Г4. Следует иметь в виду, что демонтаж головки ведет к нарушению настройки ее;

№ 9 — для соединения пробника В3-9 со шлангом и нагрузкой генератора СГ-1;

№ 10 — для соединения пробника В3-9 со штыревым и гнездовым 75-омным разъемами или 75-омной нагрузкой генераторов Г3-8, Г4-7, ГСС-Д, ГК4-4 и др.

Соединительный кабель с измерительной головкой в приборе сделан съемным.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Подобрать диод 2Д1С (если он не был подобран ранее), руководствуясь следующим:

расстояние между анодом и катодом должно быть наименьшим;

плоскости анода и катода должны быть параллельны и соосны.

2. Отобранный диод вставить в измерительную головку соединительного кабеля. Фишку соединительного кабеля включить в «измер. гнездо» и укрепить накидной гайкой.

3. Измерительную головку с диодом установить в «нулевое гнездо».

4. Ключ «грубо — точно» установить в нейтральное (среднее) положение.

5. Ручку «установка накала» поставить в положение, при котором указатель шкалы станет в пределах отметок «380—390».

6. Ручку «установка нуля» поставить в нулевое положение указателя.

7. Ручку «установка рабочего тока» поставить в крайнее правое положение.

8. Ручку «измеряемое напряжение в милливольтах» перевести в крайнее положение против часовой стрелки.

9. Включить питание (при этом на шкале индикатора должен появиться световой указатель «зайчик») и дать прибору прогреться в течение 30 мин.

10. Ручкой «нуль гальван.» установить световой указатель на 25 делений (в середине шкалы). Это положение в дальнейшем считается нулевым.

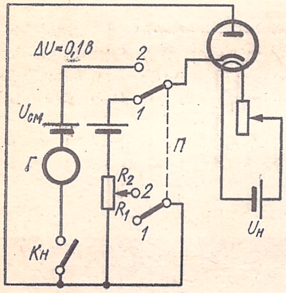


Рис. 23. Упрощенная схема контроля параметра диода прибора В3-9.

11. Переключатель «род работы» установить в положение «уст. раб. тока».

12. Ключ установить в положение «грубо».

13. Ручкой «установка рабочего тока» установить световой указатель индикатора на «нуль» (25 делений) с точностью ±0,5 деления.

14. Перевести ключ в положение «точно».

15. Ручкой «установка рабочего тока» уточнить установку нуля.

Установку рабочего тока следует проверять и при необходимости производить дополнительно со следующей периодичностью:

после получасового прогрева через интервалы в 5 мин;

после часового прогрева через 10 мин;

после двухчасового прогрева через 15 мин.

16. Ключ перевести в положение «грубо».

17. Переключатель «род работы» перевести в положение «установка нуля».

18. Ручкой «установка нуля» добиться нулевого положения (25 делений) светового указателя с точностью ±0,2 деления.

19. Ключ перевести в положение «точно» и ручкой «установка нуля» уточнить положение светового указателя. Если при этом указатель на нуль не устанавливается, следует ручку «установка нуля» поставить на отметку в пределах «10—20» и ручкой «установка накала» установить указатель в нулевое положение. Через 2—3 мин уточнить нулевое положение указателя.

20. Переключатель «род работы» перевести в положение «установка накала». Если после этого указатель индикатора смещается не более чем на ±0,2 деления, то параметр диода $k = 10$ и вольтметр готов к измерениям.

Если отклонения указателя превышают ±0,2 деления, ручкой «установка накала» подобрать необходимое напряжение накала. Через 2—3 мин повторить операции «установка нуля» и «установка накала», пока не окажется, что при переводе переключателя «род работы» из положения «установка нуля» в положение «установка накала» указатель индикатора смещается не более чем на ±0,2 деления.

Операцию «установка накала» необходимо повторять со следующей периодичностью:

после получасового прогрева через интервалы в 15 мин;

после часового прогрева через 30 мин;

после двухчасового прогрева через 1 ч.

21. Проверить диод на экспоненциальность характеристики. Для этого следует собрать установку согласно схеме рис. 23.

После часового прогрева прибора В3-9 при полностью выведенном внешнем напряжении (потенциометры R_2, R_4, R_5 на рис. 20) измерительную головку вольтметра подключить к соединительной колодке № 4.

Затем произвести операции «установка рабочего тока», «установка нуля» и «установка накала» так, как описано выше. После этого переключатель «род работы» перевести в положение «проверка диода» и от источника регулируемого напряжения подать напряжение, при котором ток через микроамперметр устанавливается равным нулю. Затем переключатель «род работы» перевести в положение «измерение», а переключатель пределов измерения в положение «15—300». Вращением ручки «измеряемое напряжение в милливольтах» добиться нулевого тока через микроамперметр. Если при этом отсчет по шкале будет в интервале 250—252 мВ, то диод считается годным.

Измерение напряжения

Для измерения напряжения необходимо:

1. Измерительную головку отключить от «нулевого гнезда» и соединить с одной из соединительных колодок (см. выше) в соответствии с конструкцией выхода исследуемого источника напряжения. Следует иметь в виду, что выходная цепь источника должна иметь проводимость по постоянному току и сопротивление ее должно быть не более 100 Ом.
2. Повторить операцию «установка нуля» (при выключенном источнике напряжения). Эту операцию следует производить перед каждым отдельным измерением.
3. Если необходимо, то дополнительно произвести операцию корректировки «установка накала».
4. Переключатель «род работы» перевести в положение «измерение».
5. Переключатель пределов измерения установить в соответствии с величиной измеряемого напряжения.
6. Ручкой «измеряемое напряжение в милливольтах» установить указатель на отметку, соответствующую предполагаемой величине измеряемого напряжения.
7. Ключ поставить в положение «грубо».
8. Включить источник измеряемого напряжения.
9. Ручкой «измеряемое напряжение в милливольтах» установить указатель на нулевую отметку.
10. Ключ перевести в положение «точно», а ручкой «измеряемое напряжение в милливольтах» уточнить установку нуля с точностью ±0,2 деления.
11. Величину измеренного напряжения прочитать по шкале «измеряемое напряжение в милливольтах».

Вольтметр переменного тока ВЗ-10А

Предназначен для измерения напряжений сигнала и шумов на выходе радиоприемных устройств.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения напряжения 30 мВ — 300 В.
2. Диапазон частот 50 Гц — 10 кГц.
3. Основная погрешность ±4% от верхнего предела шкал.
4. Дополнительная частотная погрешность в расширенной области 10—20 кГц ± 4%.
5. Дополнительная температурная погрешность (при температуре, отличной от 20° С) не более ±3% на каждые 10° С в пределах температур от —30 до +40° С (для шкалы 0,3 В — ±5%).
6. Входное сопротивление 20 кОм.
7. Питание прибора при работе его на шкале 0,3 В от сухой батареи типа КБС-Х-0,7. Потребляемая мощность не более 5 мВт.
8. Вес прибора 2 кг, габаритные размеры 160× 120× 115 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора В3-10А (рис. 24) состоит из вольтметра переменного тока с двухполупериодным симметричным мостом на четырех германиевых диодах $Д_1$—$Д_4$ типа Д2Е.

Расширение пределов измерения достигается включением делителя напряжений, состоящего из добавочных (R_9, R_{11}, R_{13}, R_{15}, R_{20}) и шунтирующих (R_{10}, R_{12}, R_{14}, R_{16}, R_{17}) резисторов. При таком включении резисторов обеспечивается постоянство входного сопротивления прибора на разных пределах измерения.

При работе на пределе 0,3 В измеряемое напряжение подается на измерительный мост через усилитель, работающий на транзисторе T по схеме с общим эмиттером.

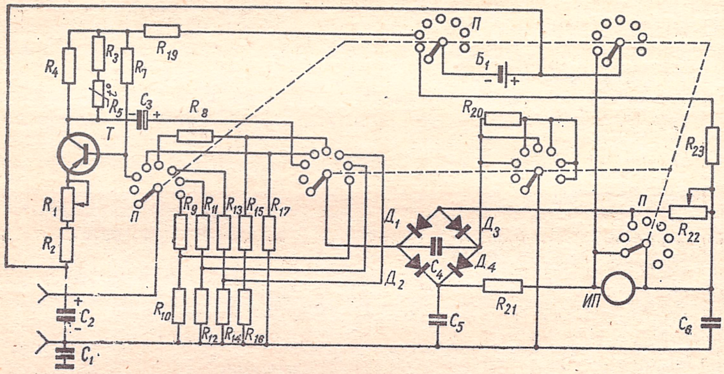


Рис. 24. Принципиальная схема прибора В3-10А.

Пределы измерения изменяются переключателем *П*, ручка которого выведена на переднюю панель (рис. 25).

В положении «выкл.» этот переключатель замыкает накоротко индикаторный прибор и разрывает цепь сухого элемента $Б_1$.

В положении «$U_{бат}$» индикаторный прибор *ИП* подключается к зажимам сухой батареи. В положении «0,3» включается питание усилителя от сухого элемента.

Измеряемое напряжение подается на базу транзистора, а с коллекторной нагрузки подводится к измерительному мосту.

Для стабилизации коэффициента усиления сопротивление нагрузки составлено из резисторов R_3, R_4 и терморезистора R_5.

В остальных положениях питание усилителя выключается, а измеряемое напряжение подается на измерительный мост через делитель напряжения.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-10А приведена в табл. 22.

Измерение напряжения

Вид передней панели прибора приведен на рис. 25. В откидной крышке помещаются соединительные проводники. Сухая батарея помещается в отсеке под крышкой на задней стенке футляра.

Для измерения напряжения до 0,3 В необходимо убедиться в наличии и исправности сухого элемента, для чего:

22. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-10А

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	СПО-0,5	390 Ом	R_{17}	МЛТ-0,5	150 кОм
R_2	МЛТ-0,5	620 Ом	R_{19}	МЛТ-0,5	2,4 кОм
R_3	МЛТ-0,5	2,4 кОм	R_{20}	МЛТ-0,5	3,3 кОм
R_4	МЛТ-0,5	4,3 кОм	R_{21}	МЛТ-0,5	12 кОм
R_5	МЛТ-1	6,2 кОм	R_{22}	СПО-0,5	10 кОм
R_7	МЛТ-0,5	180 кОм	R_{23}	МЛТ-0,5	91 кОм
R_8	УЛИ-0,5	10 кОм	C_1	КСО-5-500	6800 пФ
R_9	МЛТ-2	62 кОм	C_2, C_3	ЭМ-10	15 мкФ
R_{10}	Проволочный	—	C_4, C_6	КТ-2а-М700	240 пФ
R_{11}	УЛИ-0,5	20 кОм	$Д_1$—$Д_4$	Д2Е	—
R_{12}	Проволочный	—	$Б_1$	КБС-Х-0,7	—
R_{13}	УЛИ-0,5	18 кОм	ИП	Прибор магнитоэлектрический	—
R_{14}	Проволочный	—			
R_{15}	МЛТ-0,5	10 кОм			
R_{16}	Проволочный	—	Т	П15А	—

1. Переключатель пределов установить в положение «$U_{\text{бат}}$». При этом стрелка индикатора должна установиться справа от красной риски шкалы. Если стрелка устанавливается слева, то необходимо сменить батарею.

2. Перевести переключатель пределов в положение «0,3».

3. Измеряемое напряжение подвести к входным клеммам*.

4. После окончания измерения переключатель пределов установить в положение «выкл.».

Для измерения напряжения более 0,3 В необходимо:

1. Переключатель пределов установить в положение, соответствующее величине измеряемого напряжения.

2. Измеряемое напряжение подвести к входным клеммам*. Величина напряжения определяется по шкале в соответствии с положением переключателя пределов.

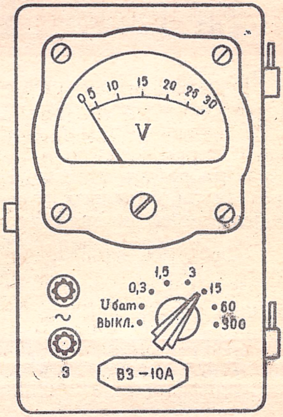


Рис. 25. Вид передней панели прибора В3-10А.

Дополнительные указания

1. Не оставлять прибор с установленным переключателем пределов в положении «$U_{\text{бат}}$» и «0,3», так как это приводит к разряду батареи.

2. При транспортировке прибора переключатель пределов должен быть установлен в положение «выкл.».

3. Для прибора отбирать диоды, обратные сопротивления которых не менее 2 МОм.

4. После замены диодов прибор необходимо оставить включенным в течение 24 ч на любом из пределов 1,5—300 В при температуре 50° С. После пребывания в нормальных условиях (6 ч) прибор подрегулировать.

---

* Для измерения напряжения в цепях с постоянной составляющей прибор подключается к исследуемой схеме через конденсатор емкостью 2 мкФ.

Вольтметр переменного тока В3-15

Предназначен для измерения эффективного значения напряжения синусоидальной формы в лабораторных и цеховых условиях.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения напряжения: 0,15 мВ — 5 В без делителя; 10—200 В с внешним делителем.

2. Диапазон частот: без делителя 50 Гц — 300 МГц; с делителем 2—300 МГц; индикатором — до 1000 МГц.

3. Основная погрешность на частоте 100 Гц не более ±3% к номиналу шкалы и не более ±5% при работе с делителем на частоте 10 МГц. Частотная погрешность не превышает ±10%.

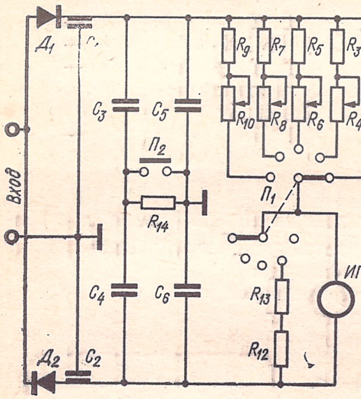


Рис. 26. Принципиальная схема прибора В3-15.

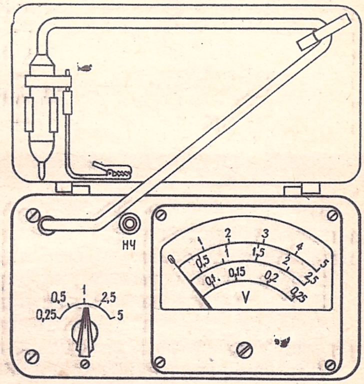


Рис. 27. Вид передней панели прибора В3-15.

При работе с делителем на частоте выше 100 МГц частотная погрешность не выходит за пределы основной; на частотах ниже 10 МГц — соответствует величине, определяемой по графику в инструкции к прибору.

4. Температурная погрешность не более ±3% на 10° С в интервале от 10 до 35° С и — 6% на 10° С в интервале от +10 до —10° С.

5. Входное сопротивление не менее 1,5 кОм на шкале 0,25; не менее 2,5 кОм на шкале 0,5 и не менее 5 кОм на остальных шкалах. Входная емкость пробника не более 5 пФ, с делителем — не более 2 пФ.

6. КСВ тройника не более 1,3.

7. Вес прибора 2,5 кг, габаритные размеры 136×110×226 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора В3-15 (рис. 26) представляет собой схему детектора с удвоением напряжения. Продетектированное диодами $Д_1$, $Д_2$ напряжение измеряется прибором магнитоэлектрической системы с добавочными сопротивлениями.

При работе на высокой частоте зарядными являются конденсаторы C_1 и C_2. Для измерений на низкой частоте (менее 100 кГц) параллельно C_1, C_2 включают конденсаторы C_3 и C_4.

Пределы измерения изменяются переключением добавочных сопротивлений переключателем $П_1$, ручка которого на передней панели обозначена «0,25—5,0». Для подгонки чувствительности прибора по каждой шкале часть добавочного сопротивления выполнена в виде переменных резисторов R_2, R_4, R_6, R_8, R_{10} (регулируются на заводе).

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-15 приведена в табл. 23.

23. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-15

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	УЛИ-0,1	232 кОм	R_{12}	ММТ-1	7,5 кОм
R_2	СП-II-1-Б	33 кОм	R_{13}	УЛИ-0,1	1,2 кОм
R_3	УЛИ-0,1	114 кОм	R_{14}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_4	СП-II-1-Б	15 кОм	C_1, C_2	КТП-Аа-М47	300 пФ
R_5	УЛИ-0,1	39 кОм	C_3, C_4	МБГО-1-300	4 мкФ
R_6	СП-II-1-Б	4,7 кОм	C_5, C_6	КБГ-И-400	0,03 мкФ
R_7	УЛИ-0,1	11 кОм	$Д_1$, $Д_2$	Д106	—
R_8	Проволочный	3,2 кОм	*ИП*	Микроамперметр	50 мкА
R_9	УЛИ-0,1	820 Ом			
R_{10}	Проволочный	3,2 кОм			

Подготовка прибора к работе

Для удобства подключения к исследуемым схемам в комплект прибора входят делитель напряжения, тройник, сопротивление нагрузки 75 Ом.

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 27).

Рабочее положение прибора — горизонтальное.

Для подготовки прибора к работе необходимо при помощи механического корректора на механизме магнитоэлектрической системы установить стрелку на нуль.

Измерение напряжения

Для измерения напряжения следует:

1. Переключатель пределов установить в положение, соответствующее величине измеряемого напряжения. Для измерения напряжений 5 В на пробник насадить внешний делитель.

2. Подключить пробник вольтметра к точке измеряемого напряжения.

Не допускается подключать пробник прибора без делителя к точке с напряжением более 10 В. Это приводит к выходу из строя диодов детектора.

Величину измеряемого напряжения определить по показаниям индикатора в соответствии с положением переключателя пределов. При работе с делителем показания вольтметра умножить на 40. Если частота измеряемого напряжения ниже100 кГц, показания индикатора считать только после нажатия кнопки «НЧ».

При измерениях напряжения в цепях с постоянной составляющей нажимать кнопку следует только после подключения пробника к измеряемой цепи. При этом постоянная составляющая должна быть не более 300 В.

При работе на частотах менее 10 МГц погрешность измерения определить по графику в инструкции.

Следует иметь в виду, что при коэффициенте нелинейных искажений исследуемого сигнала более 1% прибор может давать большую погрешность.

Вольтметр переменного тока В3-18

Предназначен для измерения эффективного значения напряжений сигнала и шумов в лабораторных и цеховых условиях.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерений напряжения 3 мВ — 300 В (—40 ÷ +50 дБ).
2. Диапазон частот 20 Гц — 1 МГц.
3. Основная погрешность не более ±3% на частоте 1000 Гц.
4. Дополнительная частотная погрешность не более ±3% в диапазоне частот 50 Гц — 60 кГц и ±5% в остальном диапазоне.
5. Входное сопротивление не менее 1 МОм.
6. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В с колебанием напряжения сети от +5 до —15%. Потребляемая мощность не более 60 ВА.
7. Длительность непрерывной работы 8 ч.
8. Вес прибора 8,5 кг, габаритные размеры 330×260×214 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора В3-18 (рис. 28) состоит из делителя напряжения, катодного повторителя, усилителя, индикаторного устройства, калибратора и блока питания.

Делитель напряжения представляет собой реостатно-емкостный потенциометр, состоящий из двух групп: R_1, R_2, C_1 — до катодного повторителя и R_{13} — R_{17} — после катодного повторителя. Катодный повторитель работает на лампе $Л_2$.

Пределы измерения (коэффициент деления) переключаются переключателем $П_1$, ручка которого выведена на переднюю панель (рис. 29) с градуировкой «$\frac{db}{V}$».

После второй группы делителя сигнал подается на усилитель. Усилитель работает на лампах $Л_3$, $Л_4$ и $Л_5$ по схеме на сопротивлениях с обратной связью с катода лампы $Л_5$ на катод лампы $Л_3$ и с анода лампы $Л_5$ на катод лампы $Л_4$. После усилителя сигнал поступает на индикаторное устройство.

Индикаторное устройство включает в себя фазоинвертор (лампа $Л_6$), широкополосный трансформатор $Тр_1$, линейный детектор $Д_1$, $Д_2$, квадратирующую цепочку, образованную резисторами R_{72}, R_{39}—R_{44} и R_{45}—R_{52} и кристаллическими диодами $Д_3$—$Д_9$, индикаторный прибор $ИП_1$. Режим квадратирующей цепочки устанавливается регулировкой резистора R_{54}, ручка которого на передней панели имеет обозначение «калибр.».

Такая схема измерительного устройства обеспечивает получение показаний индикаторного прибора, пропорциональных эффективному значению напряжения, независимо от его формы.

Для поверки чувствительности прибора в схеме имеется калибратор, выполненный в виде моста с нелинейным сопротивлением (лампа накаливания $Л_1$) в одном плече. Три других плеча образованы резисторами R_8, R_9, R_{10}. Стабильное напряжение с выходной диагонали через потенциометр, образованный резисторами R_5, R_3, R_4 (10 мВ), подается на вход прибора при установке переключателя пределов в положение «калибр.».

Блок питания содержит выпрямитель на диодах $Д_{10}$—$Д_{17}$ с электронной стабилизацией на лампах $Л_7$—$Л_{10}$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-18 приведена в табл. 24.

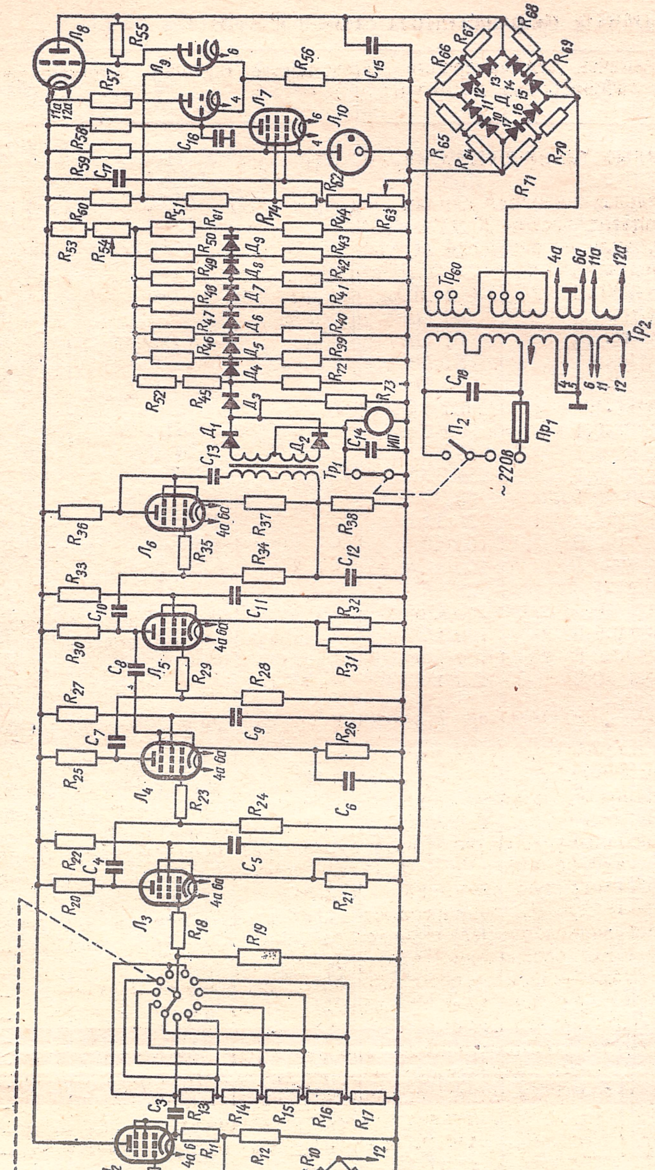

Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Л7
Л8
Л9
Л10
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
R16
R17
R18
R19
R20
R21
R22
R23
R24
R25
R26
R27
R28
R29
R30
R31
R32
R33
R34
R35
R36
R37
R38
R39
R40
R41
R42
R43
R44
R45
R46
R47
R48
R49
R50
R51
R52
R53
R54
R55
R56
R57
R58
R59
R60
R61
R62
R63
R64
R65
R66
R67
R68
R69
R70
R71
R72
R73
R74
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
C10
C11
C12
C13
C14
C15
C16
C17
C18
Д1
Д2
Д3
Д4
Д5
Д6
Д7
Д8
Д9
Д
10
11
12
13
14
15
16
17
П1
П2
Пр1
Тр1
Тр2
Тр60
ИП
~220в
4а 6а
4а 6
4
6
11
12
4а
6а
11а
12а

Рис. 28. Принципиальная схема прибора В3-18.

24. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В3-18

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МГП-0,5	1 МОм	R_{51}	УЛИ-0,25	126 кОм
R_2	БЛП-0,1	3162 Ом	R_{52}	МЛТ-1	8,2 МОм
R_3	ППИ-2	51 Ом	R_{53}	МЛТ-0,5	180 кОм
R_4	БЛП-0,5	80 Ом	R_{54}	СП-1-1-А	470 кОм
R_5	БЛП-0,1	10 кОм	R_{55}	МЛТ-0,5	680 кОм
R_6	МЛТ-0,5	150 Ом	R_{56}	МЛТ-2	30 кОм
R_7	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{57}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_8	БЛП-0,5	40 Ом	R_{58}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_9	БЛП-0,5	80 Ом	R_{59}	МЛТ-1	36 кОм
R_{10}	ППИ-2	51 Ом	R_{60}	МЛТ-0,5	36 кОм
R_{11}	МЛТ-0,5	270 Ом	R_{61}	МЛТ-0,5	18 кОм
R_{12}	МЛТ-1	6,2 кОм	R_{62}	УЛИ-0,25	13,4 кОм
R_{13}	БЛП-0,1	606 Ом	R_{63}	СП-II-1-А	6,8 кОм
R_{14}	БЛП-0,1	845,2 Ом	R_{64}—R_{71}	МЛТ-0,5	56 кОм
R_{15}	БЛП-0,1	264,5 Ом	R_{72}	УЛИ-0,25	62 кОм
R_{16}	БЛП-0,1	83,26 Ом	R_{73}	МЛТ-0,5	270 кОм
R_{17}	БЛП-0,1	38,39 Ом	R_{74}	УЛИ-0,25	13,4 кОм
R_{18}	МЛТ-0,5	150 Ом	C_1	КТК-2а	470 пФ
R_{19}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_2	КБГ-И-200	0,05 мкФ
R_{20}	МЛТ-1	22 кОм	C_3	МБГО-2	10 мкФ
R_{21}	МЛТ-0,5	360 Ом	C_4	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{22}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_5	ЭГЦ-2б	10 мкФ
R_{23}	МЛТ-0,5	180 Ом	C_6	МБМ	0,1 мкФ
R_{24}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_7	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{25}	МЛТ-1	11 кОм	C_8	КТ-2а	27 пФ
R_{26}	МЛТ-0,5	220 Ом	C_9	ЭГЦ-б-300	10 мкФ
R_{27}, R_{28}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_{10}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{29}	МЛТ-0,5	220 Ом	C_{11}	ЭГЦ-б-300	10 мкФ
R_{30}	МЛТ-0,5	8,2 кОм	C_{12}	КТ-2а	43 пФ
R_{31}	МЛТ-0,5	5,1 кОм	C_{13}	МБГО-2-300	10 мкФ
R_{32}	МЛТ-0,5	180 Ом	C_{14}	ЭМ-4	25 мкФ
R_{33}, R_{34}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_{15}	МБГО-2-300	20 мкФ
R_{35}	МЛТ-0,5	220 Ом	C_{16}	КТК-2а	10 пФ
R_{36}	МЛТ-1	2,2 кОм	C_{17}	МБМ	1 мкФ
R_{37}	МЛТ-0,5	180 Ом	$Л_1$	МН-13	3,5 В; 0,25 А
R_{38}	МЛТ-1	2,2 кОм	$Л_2$, $Л_3$	6Ж1П	—
R_{39}	УЛИ-0,25	73,5 кОм	$Л_4$—$Л_6$	6Ж1П	—
R_{40}	УЛИ-0,25	34,2 кОм	$Л_7$	6Ж1П	—
R_{41}	УЛИ-0,25	30,6 кОм	$Л_8$	6С19П	—
R_{42}	УЛИ-0,25	30,6 кОм	$Л_9$	6Н1П	—
R_{43}	УЛИ-0,25	19,2 кОм	$Л_{10}$	СГ2П	—
R_{44}	МЛТ-0,5	43 кОм	$Д_1$, $Д_2$	Д2Д	—
R_{45}, R_{46}	МЛТ-1	8,2 МОм	$Д_3$—$Д_6$	Д106	—
R_{47}	МЛТ-0,5	3,3 кОм	$Д_7$—$Д_9$	Д2Д	—
R_{48}	МЛТ-0,5	1,5 кОм	$Д_{10}$—$Д_{17}$	Д7Ж	—
R_{49}	УЛИ-0,25	707 кОм	ИП	М-24	10 мкА
R_{50}	УЛИ-0,25	306 кОм			

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 29). Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети «вкл.» установить в положение выключено.

2. Подключить кабель питания к прибору, а затем к сети 220 В. Недопустимо питать прибор от феррорезонансного стабилизатора.

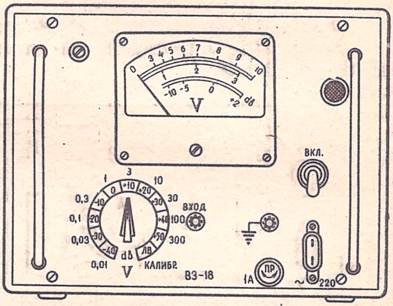


Рис. 29. Вид передней панели прибора В3-18.

3. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 30 мин.

4. Переключатель пределов установить в положение «ЛВ калибр.».

5. Ручкой «калибр.» при необходимости установить стрелку индикатора на отметку «10» верхней шкалы.

Измерение напряжения

Для измерения напряжения необходимо:

1. Переключатель пределов установить в соответствии с величиной измеряемого напряжения.

2. Измеряемое напряжение подвести к входным клеммам прибора.

3. Величину измеренного напряжения определяют по шкалам прибора в соответствии с положением переключателя пределов.

Дополнительные указания

При транспортировке прибора тумблер питания должен быть выключен. При этом рамка индикаторного прибора замыкается накоротко и предохраняет стрелку прибора от ударов.

ВОЛЬТМЕТРЫ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА

Вольтметр импульсного тока В4-1А

Предназначен для измерения малых напряжений видеоимпульсов прямоугольной формы и синусоидальных напряжений в цеховых и лабораторных условиях.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения напряжения 1 мВ — 3 В без внешнего делителя и 100 мВ — 300 В с внешним делителем.

2. Длительность импульсов измеряемых напряжений от 1 до 200 мкс при скважностях от 100 до 2500 и частотах повторения не ниже 50 Гц.

3. Диапазон частот измеряемых синусоидальных напряжений 30 Гц — 500 кГц.

4. Основная погрешность:

не более ±4% номинала шкалы при длительностях измеряемых импульсов от 1 до 200 мкс и скважности 100—500 и при частоте синусоидальных напряжений в диапазоне от 50 Гц до 20 кГц;

не более ±4% от номинала шкалы +1% от измеряемой величины при работе с делителем.

5. Дополнительная погрешность:

не более 4% при измерении импульсов прямоугольной формы длительностью от 1 до 80 мкс и скважности от 500 до 2500;

±3% при измерении импульсных напряжений со скважностью до 5000 (поправки определяются по прилагаемому к прибору графику);

не более ±5% при измерении синусоидальных напряжений частотой от 30 до 50 Гц;

не более ±6% при измерении синусоидальных напряжений частотой от 100 до 500 Гц;

±2% при измерениях с внешним делителем синусоидальных напряжений частотой от 100 до 500 кГц;

±2% при изменении напряжения сети питания на ±10%.

6. Входное сопротивление на частоте 50 Гц не менее 1 МОм. Входная емкость не более 10 пФ.

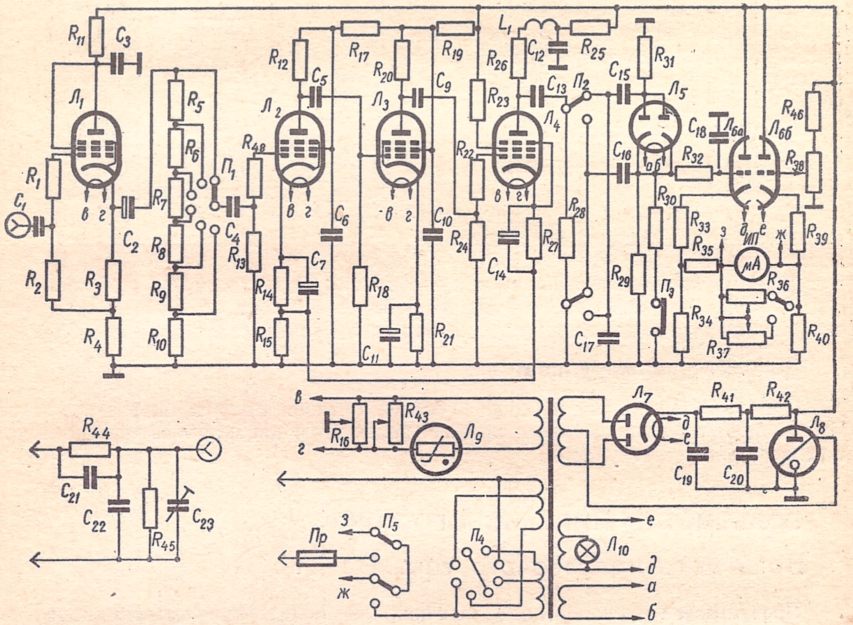

R_{11}
C_3
$Л_1$
R_1
C_1
в
г
C_2
R_2
R_3
R_4
R_5
R_6
R_7
R_8
R_9
R_{10}
$П_1$
C_4
R_{48}
R_{13}
R_{14}
R_{15}
R_{12}
C_5
$Л_2$
C_6
C_7
R_{17}
R_{20}
$Л_3$
C_9
R_{18}
C_{10}
C_{11}
R_{21}
R_{19}
L_1
R_{26}
C_{12}
R_{25}
R_{23}
C_{13}
$П_2$
$Л_4$
R_{22}
R_{24}
C_{14}
R_{27}
R_{28}
R_{29}
C_{17}
C_{15}
R_{31}
$Л_5$
C_{16}
$Л_{6а}$
R_{32}
C_{18}
$Л_{6б}$
R_{30}
$П_3$
R_{33}
R_{35}
з
д
$ИП$
е
ж
мА
R_{36}
R_{34}
R_{37}
R_{46}
R_{38}
R_{39}
R_{40}
в
г
R_{16}
R_{43}
$Л_9$
$Л_7$
д
е
R_{41}
R_{42}
$Л_8$
C_{19}
C_{20}
R_{44}
C_{21}
C_{22}
R_{45}
C_{23}
з
$П_5$
$Пр$
ж
$П_4$
е
$Л_{10}$
д
а
б

Рис. 30. Принципиальная схема прибора В4-1А.

7. Питание прибора от сети переменного тока частотой 45—55 Гц напряжением 110, 127 и 220 В. Потребляемая мощность не более 75 ВА.

8. Нормальные условия работы:

температура окружающей среды от 15 до 25° С;

нормальное давление;

относительная влажность до 80%;

отсутствие механических вибраций и мощных постоянных или переменных магнитных и электрических полей.

9. Вес прибора не более 9 кг, габаритные размеры 310×214×195 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора (рис. 30) состоит из катодного повторителя (выносной пробник), делителя напряжения, трехкаскадного усилителя, лампового вольтметра и блока питания.

Катодный повторитель работает по схеме с закрытым входом на лампе $Л_1$.

25. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В4-1А

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МЛТ-0,5	120 Ом	R_{41}, R_{42}	ПЭВ-10	1,5 кОм
R_2	МЛТ-0,5	300 кОм	R_{43}	ПЭВ-10	200 Ом
R_3	МЛТ-0,5	220 кОм	R_{44}	УЛИ-0,25	1 МОм
R_4	МЛТ-0,5	3,9 кОм	R_{45}	УЛИ-0,25	10,2 кОм
R_5	Проволочный	800 Ом	R_{46}	МЛТ-0,5	300 кОм
R_6	»	280 Ом	R_{48}	МЛТ-0,5	120 Ом
R_7	»	80 Ом	C_1	КБГ-И-200	0,03 мкФ
R_8	»	28 Ом	C_2	КЭ-2-30	50 мкФ
R_9	»	8 Ом	C_3	МБГО-1-300	10 мкФ
R_{10}	»	4,02 Ом	C_4	КБГ-И-200	0,07 мкФ
R_{11}	МЛТ-1	6,8 кОм	C_5	КБГ-И-200	0,02 мкФ
R_{12}	МЛТ-0,5	2,2 кОм	C_6	МБГО-1-300	10 мкФ
R_{13}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_7	КЭ-2-6	200 мкФ
R_{14}	МЛТ-0,5	220 Ом	C_9	КБГ-И-200	0,03 мкФ
R_{15}	Проволочный	0,98 Ом	C_{10}	МБГО-1-300	10 мкФ
R_{16}	СП-II-1-А	470 Ом	C_{11}	КЭ-2-6	200 мкФ
R_{17}	МЛТ-1	6,8 кОм	C_{12}	МБГО-1-300	20 мкФ
R_{18}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{13}	КБГ-И-200	0,03 мкФ
R_{19}	МЛТ-1	1 кОм	C_{14}	КЭ-2-6	200 мкФ
R_{20}	МЛТ-1	6,8 кОм	C_{15}, C_{16}	КБГ-И-600	0,01 мкФ
R_{21}	МЛТ-0,5	220 Ом	C_{17}	КТК-1-Д	6 пФ
R_{22}	МЛТ-0,5	6,8 кОм	C_{18}	КСО-2-500 Б	1000 пФ
R_{23}	МЛТ-0,5	1 кОм	C_{19}	МБГО-1-400	20 мкФ
R_{24}	МЛТ-0,5	510 кОм	C_{20}	МБГО-1-300	10 мкФ
R_{25}	МЛТ-0,5	3 кОм	C_{21}	КДК-1М	1 пФ
R_{26}	МЛТ-1	3,9 кОм	C_{22}	КТК-1-Д	47 пФ
R_{27}	МЛТ-0,5	120 Ом	C_{23}	КПК-1	8—30 пФ
R_{28}	МЛТ-0,5	1 МОм	L_1	—	250 мкГ
R_{29}	КВМ	1,25 ГОм	$Л_1$—$Л_3$	6Ж1П	—
R_{30}	МЛТ-0,5	1 МОм	$Л_4$	6Ж5П	—
R_{31}, R_{32}	МЛТ-1	10 МОм	$Л_5$	6Х2П	—
R_{33}	МЛТ-0,5	47 кОм	$Л_6$	6Н2П	—
R_{34}	МЛТ-0,5	10 кОм	$Л_7$	6Ц4П	—
R_{35}	МЛТ-0,5	4,7 кОм	$Л_8$	СГ1П	—
R_{36}, R_{37}	Проволочный	1,25 кОм	$Л_9$	1Б5-9	—
R_{38}	СП-1-1-А	4,7 кОм	$Л_{10}$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{39}	МЛТ-0,5	47 кОм	ИП	Микроамперметр	100 мкА; 850 Ом
R_{40}	МЛТ-0,5	10 кОм			

Конструктивно он выполнен в виде выносного пробника со сменными наконечниками.

Делитель реостатного типа (R_5—R_{10}). Коэффициент деления устанавливается переключателем $П_1$, ручка которого на передней панели обозначена «пределы».

Трехкаскадный усилитель видеоимпульсов собран на лампах $Л_2$, $Л_3$ и $Л_4$ по реостатной схеме с коррекцией частотной характеристики в третьем каскаде L_1. Переменный резистор R_{16} в цепи накала служит для установки минимального фона на выходе усилителя. Усилитель имеет постоянный коэффициент усиления, который поддерживается глубокой отрицательной обратной связью по току через R_{15}.

Ламповый вольтметр собран на лампах $Л_5$ и $Л_6$. Каскад на лампе $Л_5$ представляет пиковый детектор с нагрузочным сопротивлением R_{29}. Для изменения полярности измеряемых импульсов служит переключатель $П_2$, ручка которого на передней панели обозначена «полярность». Напряжение с нагрузки детектора через фильтр R_{32}, C_{18} подается на сетку лампы $Л_{6а}$, являющейся сопротивлением одного плеча измерительного моста. Остальные плечи моста образованы резисторами R_{34}, R_{40} и R_{39} с лампой $Л_{6б}$. Лампа $Л_{6б}$ используется для балансировки моста, которая осуществляется изменением потенциала сетки при помощи потенциометра R_{38}, ручка которого на передней панели обозначена «установка нуля».

Мост питается от общего выпрямителя. В индикаторную диагональ моста включен микроамперметр *ИП*.

Выпрямитель работает на лампе $Л_7$ со стабилизатором на лампе $Л_8$. Накал ламп усилителя питается через бареттер $Л_9$.

Внешний делитель представляет собой реостатный делитель с частотной коррекцией.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В4-1А приведена в табл. 25.

Измерение напряжения

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 31).

Для измерения импульсного напряжения необходимо:

1. Убедиться, соответствует ли положение предохранителя-переключателя силового трансформатора напряжению питания.

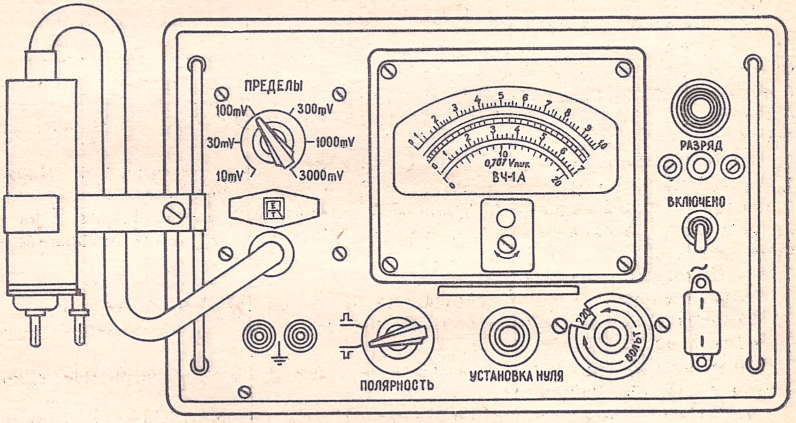


Рис. 31. Вид передней панели прибора В4-1А.

2. Навинтить на головку выносного делителя насадку, удобную для подключения к исследуемой схеме.

3. Переключатель «пределы» установить в положение «3000 mV».

4. Переключатель сети «включено» установить в положение выключено.

5. Переключатель «полярность» установить в соответствии с полярностью измеряемых импульсов.

6. Подключить кабель питания к сети. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 10 мин.

7. Замкнуть накоротко входные клеммы пробника и ручкой «установка нуля» установить стрелку прибора на нуль.

8. Подключить пробник прибора к исследуемой схеме и переключателем «пределы» установить показания прибора в правой части шкалы.

9. Значение измеренного напряжения отсчитать по верхней шкале прибора в соответствии с положением переключателя «пределы».

10. Для быстрой подготовки вольтметра к повторным измерениям следует нажать кнопку «разряд».

Синусоидальные напряжения измеряют аналогично описанной выше методике с той лишь разницей, что величина измеренного напряжения отсчитывается по шкалам прибора «0,707 $V_{пик}$», показания которых соответствуют эффективным значениям напряжения.

Примечание. Напряжение с частотой 50 Гц (сеть) следует измерять дважды, со сменой полярности вилки кабеля питания. Величина измеренного напряжения в этом случае определяется как среднее значение из двух отсчетов.

Вольтметр импульсного тока В4-2

Предназначен для измерения амплитуды напряжений видеоимпульсов прямоугольной формы в лабораторных и цеховых условиях.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения амплитуд 3—150 В любой полярности; с внешним делителем до 500 В. При использовании делителей типа Д6-1(ДНЕ-3) и Д6-2 (ДНЕ-9) — от 500 В до 50 кВ.

2. Основная погрешность:

не более ±3% от верхнего значения шкалы при длительности импульсов от 0,1 до 300 мкс, скважности от 50 до 500, частотах повторения не ниже 20 Гц и выходном сопротивлении измеряемого источника не более 1 кОм. При этих же условиях, но скважностях от 500 до 2500 дополнительная погрешность не более ±2%;

не более ±4% от верхнего значения шкалы при длительности импульсов 0,2 — 100 мкс, скважности от 50 до 500, частотах повторения не ниже 20 Гц и выходном сопротивлении измеряемого источника не более 3 кОм. При этих же условиях, но скважностях от 500 до 2500, дополнительная погрешность не более ±2%.

3. Дополнительная погрешность:

при изменении сетевого напряжения от 187 до 231 В не более 1%;

температурная погрешность не более 0,1% на 1° С при изменении температуры от 15 до 10° С и от 25 до 35° С;

погрешность делителя напряжения не более ±2% от измеряемой величины при частотах повторения не ниже 100 Гц.

4. Входное сопротивление не менее 200 кОм на частоте 4 МГц и не менее 20 МОм на частоте 50 Гц. Входная емкость не более 14 пФ.

5. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В. Потребляемая мощность 30 ВА.

6. Вес прибора 7 кг, габаритные размеры 308×216×194 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора В4-2 (рис. 32) состоит из детектора, усилителя постоянного тока с индикатором и блока питания.

Детектор работает на лампе $Л_1$ по схеме амплитудного детектора. Сигнал на вход детектора подается через переключатель $П_1$ полярности измеряемого импульса. Этот переключатель размещается на пробнике вольтметра. Для ускорения разряда конденсатора (возвращения стрелки на нуль) служит замыкатель $П_2$ — кнопка «разряд».

Сигнал с нагрузки детектора поступает на усилитель постоянного тока, работающий на лампах $Л_2$, $Л_3$ по мостовой схеме, в измерительную диагональ которой включен индикатор *ИП*.

Баланс моста достигается изменением потенциала сетки лампы $Л_{2б}$ при помощи потенциометра R_{17}, ручка которого на передней панели (см. рис. 33) обозначена «установка нуля». Чувствительность индикатора (пределы измерения) изменяется добавочными сопротивлениями R_5—R_9 при помощи переключателя $П_3$, ручка которого обозначена «пределы». Блок питания содержит выпрямитель на лампе $Л_4$.

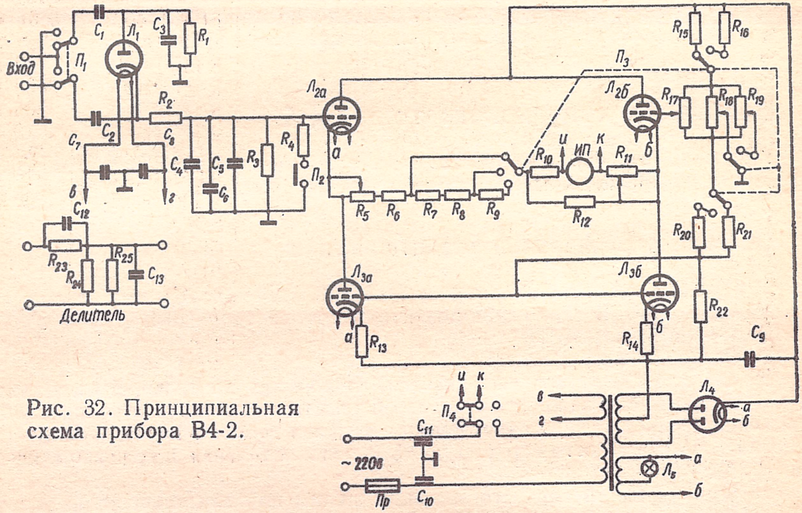

Вход
П1
C1
Л1
C3
R1
R2
C2
C7
C8
C4
C5
C6
R3
R4
П2
Л2а
а
в
г
C12
R23
R24
R25
C13
Делитель
R5
R6
R7
R8
R9
П3
R10
и
ИП
к
R11
R12
Л2б
б
R15
R16
R17
R18
R19
R20
R21
R22
Л3а
Л3б
R13
R14
C9
Л4
а
б
и
к
П4
в
г
C11
~220в
Пр
C10
Л5
а
б

Рис. 32. Принципиальная схема прибора В4-2.

Внешний делитель реостатно-емкостный (R_{23}—R_{25}, C_{12}, C_{13}).

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В4-2 приведена в табл. 26.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 33). Переключатель полярности измеряемых импульсов находится на пробнике.

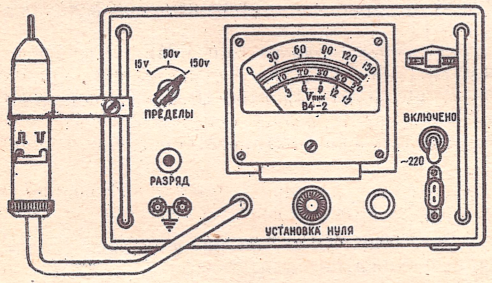

15v
50v
150v
ПРЕДЕЛЫ
30
60
90
120
150
10
20
30
40
50
3
6
9
12
15
Vпик
В4-2
ВКЛЮЧЕНО
~220
РАЗРЯД
УСТАНОВКА НУЛЯ
Л V

Рис. 33. Вид передней панели прибора В4-2.

Для удобства подключения прибора к исследуемым схемам в комплект прибора входят: удлиненный шнур пробника; переходники для подключения к делителям Д6-1, Д6-2; провод для заземления пробника; делитель напряжения 1 : 100.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети «включено» поставить в положение выключено.
2. Подключить кабель питания к колодке, а затем к сети «220».
3. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка под шильдиком) и дать прибору прогреться в течение 20 мин.

26. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В4-2

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1, R_2	КММ	47 МОм	R_{24}	УЛИ-0,25	111,5 кОм
R_3	КЛВ	1000 МОм	R_{25}	МЛТ-0,5	22-40 МОм (подбор)
R_4	МЛТ-1	10 МОм			
R_5	Потенциометр	1,25 кОм	C_1, C_2	БГМ-2-400	0,01 мкФ
R_6	Проволочный	53,2 кОм	C_3	КТК-1а-Д	2,5 пФ
R_7	МЛП-1	130 кОм	C_4	КТК-1а-Д	180 пФ
R_8	ВС-0,5	3,9 кОм	C_5	КСО-5-500	3600 пФ
R_9	МЛП	390 кОм	C_6—C_8	КТП-6-Д	300 пФ
R_{10}	Проволочный	2 кОм	C_9	КЭ-2-450	10 мкФ
R_{11}	Потенциометр	1,25 кОм	C_{10}, C_{11}	КБП-Ф-500-20	0,25 мкФ
R_{12}	Проволочный	3 кОм	C_{12}	КБП-Ф-500-20	10 пФ
R_{13}, R_{14}	ВС-0,25	47 кОм	C_{13}	КТК-1а-Д	56 пФ
R_{15}	ВС-0,25	31 кОм	$Л_1$	6Д6А	—
R_{16}	ВС-0,5	270 кОм	$Л_2$	6Н3П	—
R_{17}—R_{19}	СП-1-1-А	22 кОм	$Л_3$	6Н2П	—
R_{20}	ВС-0,25	91 кОм	$Л_4$	6Ц4П	—
R_{21}	ВС-0,5	270 кОм	$Л_5$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{22}	ВС-0,25	33 кОм	*ИП*	Микроамперметр	100 мкА
R_{23}	УЛИ-0,25	1 МОм			

4. При необходимости ручкой «установка нуля» установить нуль индикатора. Эту операцию рекомендуется производить при замкнутом накоротко входе.

Измерение напряжения

Для измерения напряжения после подготовки прибора к работе следует:

1. Переключатель «пределы» установить в положение, соответствующее величине измеряемых напряжений. Если измеряемое напряжение лежит в пределах 150—500 В, на пробник насадить внешний делитель. Если измеряемое напряжение от 500 В до 50 кВ — для измерения следует использовать делители типа Д6-1 или Д6-2.
2. Переключатель полярности (на пробнике) установить в положение, соответствующее полярности измеряемых импульсов.
3. Подключить пробник вольтметра к измеряемой цепи.
4. Величину измеренных импульсов определить по показаниям индикатора в соответствии с положением переключателя «пределы» и подключенного делителя.
5. Для быстрой подготовки прибора к новому измерению следует нажать кнопку «разряд». При этом следует уточнить начальное положение стрелки (на нуле).

Примечание. При измерениях в цепях с постоянной составляющей следует иметь в виду, что разделительный конденсатор в пробнике рассчитан на напряжение 400 В.

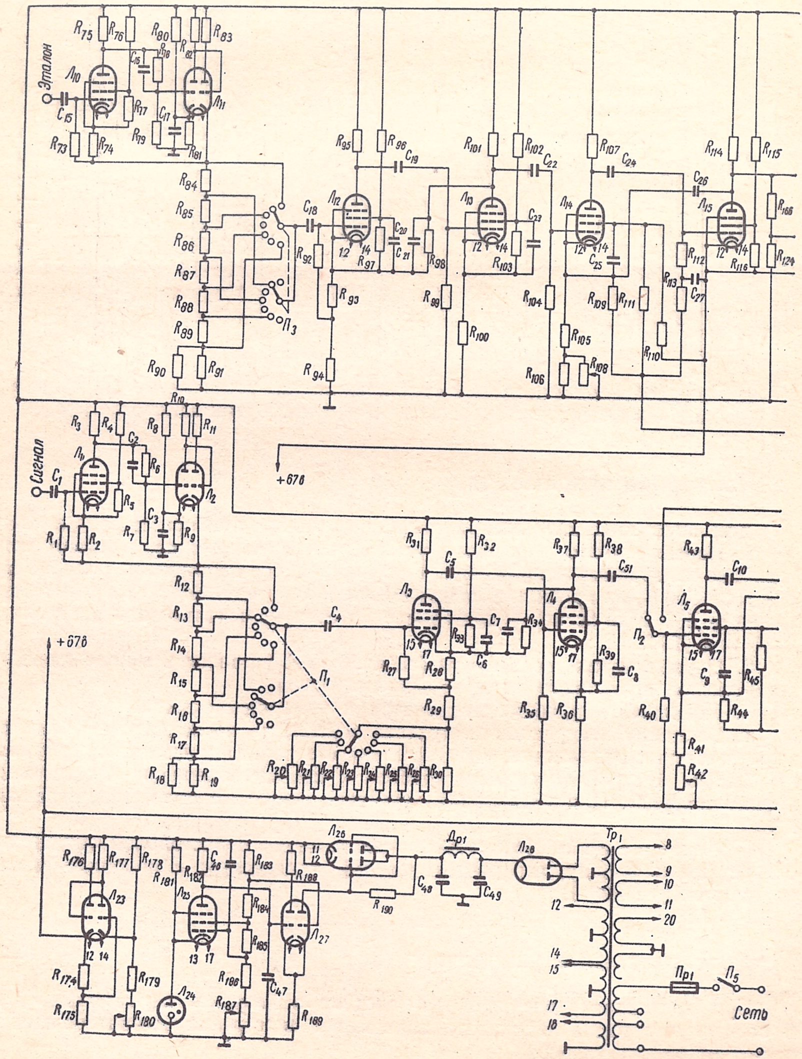
Дополнительные указания

При транспортировке прибора следует выключить переключатель сети. В этом случае рамка индикатора замыкается и стрелка индикатора предохраняется от резких ударов.

ВОЛЬТМЕТРЫ ФАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ (ВЕКТОРМЕТРЫ)

Вольтметр фазочувствительный В5-1

Предназначен для измерения величины комплексных составляющих вектора напряжения первой гармоники на выходе исследуемого четырехполюсника по отношению вектора входного напряжения в лабораторных условиях.


Эталон
Л10
Л11
C15
R73
R74
R75
R76
R77
R78
R79
R80
R81
R82
R83
C16
C17
R84
R85
R86
R87
R88
R89
R90
R91
П3
C18
Л12
R92
R93
R94
R95
R96
R97
R98
R99
C19
C20
C21
Л13
R100
R101
R102
R103
R104
C22
C23
Л14
R105
R106
R107
R108
R109
R110
R111
C24
C25
Л15
R112
R113
R114
R115
R116
R124
R166
C26
C27
12
14
+676
Сигнал
Л1
Л2
C1
C2
C3
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
R16
R17
R18
R19
П1
C4
+676
R20
R21
R22
R23
R24
R25
R26
R30
Л3
R27
R28
R29
R31
R32
R33
R34
C5
C6
C7
Л4
R35
R36
R37
R38
R39
C8
C51
П2
Л5
R40
R41
R42
R43
R44
R45
C9
C10
15
17
Л26
11
12
Др1
C48
C49
R190
Л28
Тр1
8
9
10
11
20
12
14
15
17
18
Пр1
П5
Сеть
R176
R177
R178
R174
R175
R179
R180
Л23
12 14
Л24
R181
R182
C46
R183
R184
R185
R186
R187
R188
R189
C47
Л25
13 17
Л27

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения напряжения 15 мВ — 15 В в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц.

2. Входное сопротивление не менее 50 МОм. Входная емкость не более 12 пФ.

3. Основная погрешность вольтметра не более ±3% от верхнего значения пределов.

4. Точность определения фазового угла ±5°.

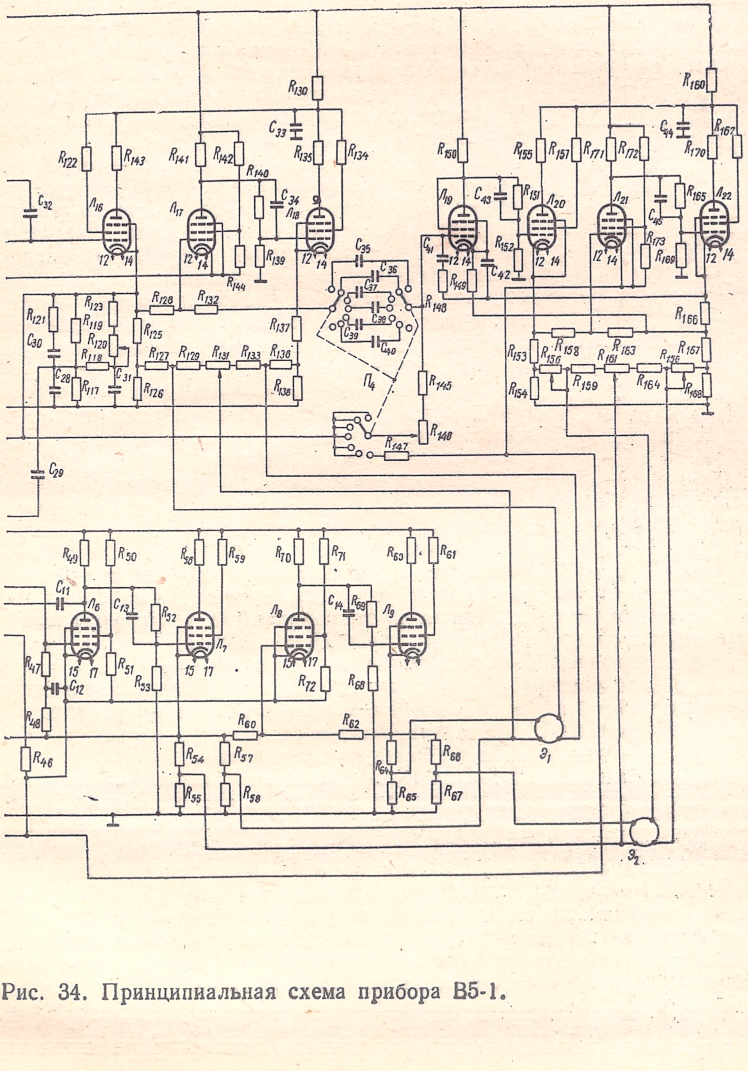

R130
C33
R135
R134
R122
R143
R141
R142
R140
C34
Л18
Л16
Л17
C32
R144
R139
R150
C43
R151
Л19
Л20
R155
R157
R171
R172
C44
R160
R167
R170
R165
Л21
Л22
C45
R152
R173
R169
C41
R149
C42
C35
C36
C37
C38
C39
C40
R148
R121
R123
R119
R120
R118
C30
C28
R117
C31
R125
R126
R128
R132
R127
R129
R131
R133
R136
R137
R138
П4
R145
R146
R147
C29
R166
R153
R156
R158
R161
R163
R167
R154
R159
R164
R168
R49
R50
R56
R59
R70
R71
R63
R61
C11
Л6
C13
R52
Л7
Л8
C14
R69
Л9
R47
C12
R51
R53
R72
R68
R48
R60
R62
R46
R54
R57
R64
R66
R55
R58
R65
R67
Э1
Э2

Рис. 34. Принципиальная схема прибора В5-1.

5. Степень ослабления гармоник 40 дБ.
6. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В $+5-15\%$.
7. Вес прибора 30 кг, габаритные размеры $532\times360\times330$ мм.

Схема прибора

Схема прибора В5-1 содержит следующие узлы: усилитель выходного сигнала, усилитель входного сигнала, фазовращатель, усилитель сдвинутого сигнала, индикатор действительных составляющих, индикатор мнимых составляющих, блок питания.

Принципиальная схема прибора В5-1 приведена на рис. 34.

Принцип действия прибора основан на использовании в качестве индикаторов двух множительных элементов с термопреобразователями $Э_1$ и $Э_2$. Упрощенная схема такого индикатора показана на рис. 35.

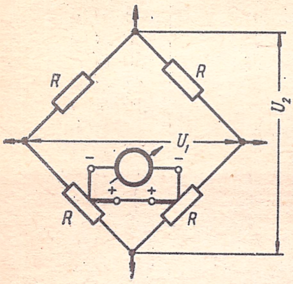


Рис. 35. Упрощенная схема индикатора с множительным элементом.

Показания индикатора в такой схеме пропорциональны произведению $U_1U_2\cos\varphi$.

В схеме прибора при измерениях на второй индикатор подается напряжение U_2, сдвинутое по фазе на 90°. В результате этого показания второго индикатора пропорциональны $U_1U_2\sin\varphi$. Поскольку при измерениях значение U_2 поддерживается постоянным, показания первого индикатора соответствуют действительной составляющей вектора напряжения после исследуемого четырехполюсника, а показания второго индикатора пропорциональны мнимой составляющей.

Для обеспечения нормальных условий работы индикаторов в приборе В5-1 напряжения на них подаются через систему усилителей, делителей, ограничителей и фазовращатель.

Канал усиления сигналов с выхода исследуемого четырехполюсника содержит входной усилитель на лампах $Л_1$ и $Л_2$ с катодным выходом. Катодная нагрузка образована резисторами R_{12}—R_{19}, составляющими делитель. Предел измерения (коэффициент деления) устанавливается переключателем $П_1$, ручка которого на передней панели обозначена «шкалы».

После делителя сигнал поступает на усилитель, работающий на лампах $Л_3$, $Л_4$ по схеме на сопротивлениях с сильными отрицательными обратными связями.

Затем в режиме измерения (переключатель $П_2$ в положении «изм.») сигнал подается на выходные усилители, собранные на лампах $Л_5$—$Л_9$.

Лампы $Л_6$ и $Л_8$ работают в схеме двухтактного выхода. Сигнал на индикаторы снимается с делителей в цепях катода выходных ламп, образованных резисторами R_{54}, R_{55} и R_{66}, R_{67} для индикатора действительных составляющих и резисторами R_{57}, R_{58} и R_{64}, R_{65} — для индикатора мнимых составляющих.

Смещение для фазоинверсных ламп образуется за счет разности постоянного напряжения с катодных сопротивлений выходных ламп и напряжения +67 В от блока питания. Такая схема ограничивает уровень сигнала, когда он превышает допустимую величину для нормальной работы термопреобразователей.

Канал усиления сигнала, подаваемого на вход исследуемого четырехполюсника, имеет аналогичные усилители, работающие на лампах $Л_{10}$—$Л_{18}$. Ручка переключения делителя напряжения в катоде лампы $Л_{10}$ на передней панели имеет обозначение «напряжение» (рис. 36). В отличие от усилителя первого канала в этом канале можно плавно регулировать усиление при помощи переменного сопротивления R_{108}, ручка которого обозначена «напряжение».

На индикатор действительных составляющих сигнал подается с делителя в цепях катода выходных ламп, образованного резисторами R_{125}, R_{126} и R_{137}, R_{138}, через систему балансировки (резисторы R_{127}, R_{129}, R_{131}, R_{133} и R_{136}).

27. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В5-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,25	1 МОм	R_{62}	ВС-0,25	100 кОм
R_2	ВС-0,25	1 кОм	R_{63}	ВС-0,25	220 Ом
R_3	ВС-0,25	100 кОм	R_{64}—R_{67}	ПТ-1	3 кОм
R_4	ВС-0,25	150 кОм	R_{68}	ВС-0,25	200 кОм
R_5	ВС-0,25	47 кОм	R_{69}	ВС-0,25	330 кОм
R_6	ВС-0,5	10 МОм	R_{70}	ВС-0,25	68 кОм
R_7	ВС-0,25	1 МОм	R_{71}	ВС-0,25	100 кОм
R_8	ВС-0,25	270 кОм	R_{72}	ВС-0,25	47 кОм
R_9	ВС-0,25	10 кОм	R_{73}	ВС-0,25	1 МОм
R_{10}	ВС-0,25	100 кОм	R_{74}	ВС-0,25	1 кОм
R_{11}	ВС-0,25	27 Ом	R_{75}	ВС-0,25	100 кОм
R_{12}	УЛИ-0,5	15 кОм	R_{76}	ВС-0,25	150 кОм
R_{13}	УЛИ-0,5	4,3 кОм	R_{77}	ВС-0,25	47 кОм
R_{14}	УЛИ-0,5	1,5 кОм	R_{78}	ВС-0,5	10 МОм
R_{15}	УЛИ-0,5	430 Ом	R_{79}	ВС-0,5	1 МОм
R_{16}	УЛИ-0,5	150 Ом	R_{80}	ВС-0,5	270 кОм
R_{17}—R_{19}	УЛИ-0,5	43 Ом	R_{81}	ВС-0,25	10 кОм
R_{20}—R_{26}	ППЗ-41	1 кОм	R_{82}	ВС-0,5	100 кОм
R_{27}	ВС-0,25	1 МОм	R_{83}	ВС-0,25	27 Ом
R_{28}	ВС-0,25	220 Ом	R_{84}	УЛИ-0,5	15 кОм
R_{29}	ВС-0,25	2 кОм	R_{85}	УЛИ-0,5	4,3 кОм
R_{30}	ВС-0,25	680 Ом	R_{86}	УЛИ-0,5	1,5 кОм
R_{31}	ВС-0,25	100 кОм	R_{87}	УЛИ-0,5	430 Ом
R_{32}	ВС-0,25	220 кОм	R_{88}—R_{91}	УЛИ-0,5	150 Ом
R_{33}	ВС-0,25	47 кОм	R_{92}	ВС-0,25	1 МОм
R_{34}	ПТ-1	68 кОм	R_{93}	ВС-0,25	220 Ом
R_{35}	ВС-0,25	1 МОм	R_{94}	ВС-0,25	2,2 кОм
R_{36}	ВС-0,25	390 Ом	R_{95}	ВС-0,25	100 кОм
R_{37}	ВС-0,25	22 кОм	R_{96}	ВС-0,5	220 кОм
R_{38}	ВС-0,5	150 кОм	R_{97}	ВС-0,25	47 кОм
R_{39}	ВС-0,25	68 кОм	R_{98}	ПТ-1	68 кОм
R_{40}	ВС-0,25	2,2 МОм	R_{99}	ВС-0,25	1 МОм
R_{41}	ВС-0,25	270 Ом	R_{100}	ВС-0,25	390 Ом
R_{42}	ППЗ-41	1 кОм	R_{101}	ВС-0,5	22 кОм
R_{43}	ВС-0,5	100 кОм	R_{102}	ВС-0,25	150 кОм
R_{44}	ВС-0,25	47 кОм	R_{103}	ВС-0,25	68 кОм
R_{45}	ВС-0,25	470 кОм	R_{104}	ВС-0,25	2,2 МОм
R_{46}	ВС-0,25	10 кОм	R_{105}	ВС-0,25	750 Ом
R_{47}, R_{48}	ВС-0,25	470 кОм	R_{106}	ВС-0,25	5,1 кОм
R_{49}	ВС-0,25	68 кОм	R_{107}	ВС-0,25	100 кОм
R_{50}	ВС-0,25	100 кОм	R_{108}	СП-1-1-А	6,8 кОм
R_{51}	ВС-0,25	47 кОм	R_{109}	ВС-0,25	47 кОм
R_{52}	ВС-0,25	330 кОм	R_{110}	ВС-0,25	10 кОм
R_{53}	ВС-0,25	200 кОм	R_{111}—R_{113}	ВС-0,25	470 кОм
R_{54}, R_{55}	ПТ-1	3 кОм	R_{114}	ВС-0,25	68 кОм
R_{56}	ВС-0,25	27 Ом	R_{115}	ВС-0,25	100 кОм
R_{57}, R_{58}	ПТ-1	3 кОм	R_{116}	ВС-0,25	47 кОм
R_{59}	ВС-0,25	220 Ом	R_{117}	ВС-0,25	470 Ом
R_{60}	ВС-0,25	100 кОм	R_{118}	ВС-0,25	100 кОм
R_{61}	ВС-0,25	27 Ом	R_{119}	ПТ-0,5	33 кОм

Продолжение табл. 27

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_{120}	СП-II-1-А	100 кОм	R_{176}	ВС-0,25	27 Ом
R_{121}	ВС-0,25	33 кОм	R_{177}	ВС-0,25	220 кОм
R_{122}	ВС-0,25	220 кОм	R_{178}	ПТ-1	4,7 кОм
R_{123}	ВС-0,25	47 кОм	R_{179}	ПТ-1	5,1 кОм
R_{124}	ВС-0,25	200 кОм	R_{180}	ППЗ-41	2,7 кОм
R_{125}, R_{126}	ПТ-1	2 кОм	R_{181}	ВС-1	36 кОм
R_{127}	ПТ-0,5	47 Ом	R_{182}	ВС-0,5	1 МОм
R_{128}	ВС-0,25	100 кОм	R_{183}	ВС-0,25	36 кОм
R_{129}	ВС-0,25	1,5 кОм	R_{184}	ВС-0,25	18 кОм
R_{130}	ВС-2	1 кОм	R_{185}	ВС-0,25	6,8 кОм
R_{131}	ППЗ-41	5,1 кОм	R_{186}	ВС-0,5	43 кОм
R_{132}	ВС-0,25	100 кОм	R_{187}	СП-II-1-А	6,8 кОм
R_{133}	ВС-0,25	1,5 кОм	R_{188}	ВС-0,25	100 Ом
R_{134}	ВС-0,25	220 Ом	R_{189}	ВС-2	30 кОм
R_{135}	ВС-0,25	27 Ом	R_{190}	ВС-0,25	680 кОм
R_{136}	ПТ-0,5	47 Ом	C_1, C_2	БГМ-2-400	0,05 мкФ
R_{137}, R_{138}	ПТ-1	2 кОм	C_3	КТК-1а-Д	22 пФ
R_{139}	ВС-0,25	200 кОм	C_4, C_5	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{140}	ВС-0,25	330 кОм	C_6	КСО-2-500	2200 пФ
R_{141}	ВС-0,25	68 кОм	C_7	КТК-1а-Д	22 пФ
R_{142}	ВС-0,25	100 кОм	C_8	КСО-2-500	2200 пФ
R_{143}	ВС-0,25	27 Ом	C_9	КТК-2а-Д	300 пФ
R_{144}	ВС-0,25	47 кОм	C_{10}	МБГЦ-2	0,25 мкФ
R_{145}	ВС-0,25	20 кОм	C_{11}	КТК-1а-Д	3,5 пФ
R_{146}	СП-1-1-А	100 кОм	C_{12}—C_{14}	МБГЦ-2	0,25 мкФ
R_{147}	ВС-0,25	47 кОм	C_{15}, C_{16}	БГМ-2-400	0,05 мкФ
R_{148}	ВС-0,25	2,2 кОм	C_{17}	КТК-1а-Д	22 пФ
R_{149}	ВС-0,25	1,5 кОм	C_{18}, C_{19}	МБГЦ-2	0,1 мкФ
R_{150}	ВС-0,25	68 кОм	C_{20}	КСО-2-500	2200 пФ
R_{151}	ВС-0,25	330 кОм	C_{21}	КТК-1а-Д	22 пФ
R_{152}	ВС-0,25	200 кОм	C_{22}	МБГЦ-2	0,25 мкФ
R_{153}, R_{154}	ПТ-1	1,8 кОм	C_{23}	КСО-2-500	2200 пФ
R_{155}	ВС-0,25	27 Ом	C_{24}	МБГЦ-2	0,25 мкФ
R_{156}	ППЗ-41	200 Ом	C_{25}	КТК-2а-Д	300 пФ
R_{157}	ВС-0,25	220 Ом	C_{26}	КТК-1а-Д	3,5 пФ
R_{158}	ВС-0,25	100 кОм	C_{27}	МБМ-160	0,25 мкФ
R_{159}	ВС-0,25	1,5 кОм	C_{28}	КСО-1-250	330 пФ
R_{160}	ВС-2	1 кОм	C_{29}	МБМ-160	1 мкФ
R_{161}	ППЗ-41	5,1 кОм	C_{30}	КПК-1	8—30 пФ
R_{162}	ВС-0,25	220 Ом	C_{31}	МБМ-160	1 мкФ
R_{163}	ВС-0,25	100 кОм	C_{32}	МБГЦ-2	0,25 мкФ
R_{164}	ВС-0,25	1,5 кОм	C_{33}	БГМ-2	0,01 мкФ
R_{165}, R_{166}	ВС-0,25	330 кОм	C_{34}	МБГЦ-2-400	0,25 мкФ
R_{167}, R_{168}	ПТ-1	1,8 кОм	C_{35}	КСО-1-250	300 пФ
R_{169}	ВС-0,25	200 кОм	C_{36}	КСО-2-500	1000 пФ
R_{170}	ВС-0,25	27 Ом	C_{37}	КСО-5-500	3000 пФ
R_{171}	ВС-0,25	68 кОм	C_{38}	КБГ-И-600	0,01 мкФ
R_{172}	ВС-0,25	100 кОм	C_{39}	КБГ-И-200	0,03 мкФ
R_{173}	ВС-0,25	47 кОм	C_{40}	КБТ-И-200	0,1 мкФ
R_{174}, R_{175}	ПТ-1	2,2 кОм	C_{41}	КСО-2-500	1500 пФ

Продолжение табл. 27

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_{42}	КСО-1-250	100 пФ	$Л_{12}$, $Л_{13}$	6Ж3П	—
C_{43}	МБГЦ-2	0,25 мкФ	$Л_{14}$	6К4П	—
C_{44}	БГМ-2-400	0,01 мкФ	$Л_{15}$	6Ж5П	—
C_{45}	МБГЦ-2	0,25 мкФ	$Л_{16}$	6П15П	—
C_{46}	МБГЦ-2	1 мкФ	$Л_{17}$	6Ж5П	—
C_{47}	КТК-1а-Д	10 пФ	$Л_{18}$	6П15П	—
C_{48}, C_{49}	КЭ-2-500	20 мкФ	$Л_{19}$	6Ж5П	—
$Л_{1}$	6Ж3П	—	$Л_{20}$	6П15П	—
$Л_{2}$	6Н1П	—	$Л_{21}$	6Ж5П	—
$Л_{3}$, $Л_{4}$	6Ж3П	—	$Л_{22}$	6П15П	—
$Л_{5}$	6К4П	—	$Л_{23}$	6Н1П	—
$Л_{6}$	6Ж5П	—	$Л_{24}$	СГ3С	—
$Л_{7}$	6П15П	—	$Л_{25}$	6Ж1П	—
$Л_{8}$	6Ж5П	—	$Л_{26}$	6Н5С	—
$Л_{9}$	6П15П	—	$Л_{27}$	6Н1П	—
$Л_{10}$	6Ж3П	—	$Л_{28}$	5Ц3С	—
$Л_{11}$	6Н1П	—			

На индикатор мнимых составляющих сигнал подается через фазовращатель и дополнительный выходной усилитель. Фазовращатель собран по схеме RC-моста, три плеча которого образованы резисторами R_{145}, R_{146} — одно; R_{125}, R_{126}— другое; R_{137}, R_{138} — третье, а четвертое — одним из конденсаторов C_{35}—C_{40}. Конденсаторы переключаются переключателем $П_{4}$, ручка которого на передней панели обозначена «частота Гц». Точная установка сдвига 90° на разных частотах достигается при помощи переменного сопротивления резистора R_{146} первого плеча.

Дополнительный выходной усилитель работает на лампах $Л_{19}$—$Л_{22}$ по схеме, аналогичной ранее описанной.

Для калибровки прибора в схеме предусмотрена подача сигнала на усилитель первого канала из второго. Для этого переключатель $П_{2}$ переводится в положение «калибр.».

Блок питания содержит выпрямитель на лампе $Л_{2}$ с электронным стабилизатором на лампах $Л_{26}$, $Л_{27}$, $Л_{25}$ и $Л_{24}$. Для питания схемы смещения фазоинверсных каскадов имеется самостабилизирующий выпрямитель на лампе $Л_{23}$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В5-1 приведена в табл. 27.

Подготовка прибора к работе

Комплект прибора включает собственно прибор, соединительные кабели и шнур питания.

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 36).

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети «вкл.» поставить в положение выключено.
2. Переключатель «калибр.— изм.» установить в положение «калибр.».
3. Переключатель «шкалы» установить в положение «15 в».
4. Переключатель «напряжение» установить в положение «20 в макс».
5. Шнур питания подключить к прибору и затем к сети 220 В.
6. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 30 мин.
7. Подготовить к работе источник синусоидального напряжения (например, звуковой генератор с малыми искажениями).

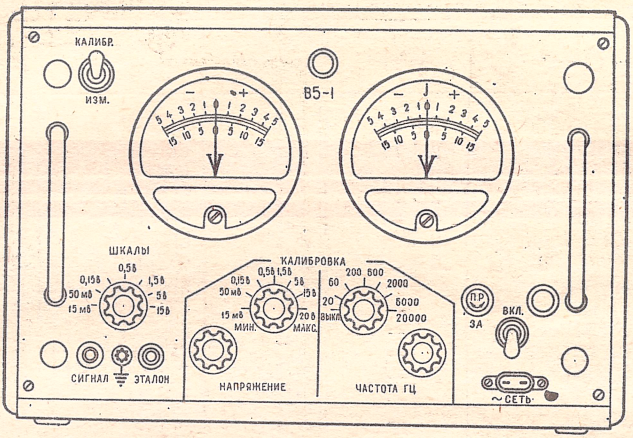

КАЛИБР.
ИЗМ.
В5-I
ШКАЛЫ
0,5в
0,15в
1,5в
50 мв
5в
15 мв
15в
КАЛИБРОВКА
0,15в
0,5в
1,5в
5в
50 мв
15в
15 мв
20в
МИН.
МАКС.
60
200
600
2000
20
6000
ВЫКЛ.
20000
НАПРЯЖЕНИЕ
ЧАСТОТА ГЦ
ПР
ЗА
ВКЛ.
СИГНАЛ
ЭТАЛОН
~СЕТЬ

Рис. 36. Вид передней панели прибора В5-1.

Измерение комплексных составляющих напряжения

Для измерения комплексных составляющих напряжения после подготовки приборов к работе следует собрать установку согласно схеме на рис. 37. Соединяются приборы кабелями, входящими в комплект. Затем необходимо:

1. Установить на генераторе частоту, на которой исследуется четырехполюсник.

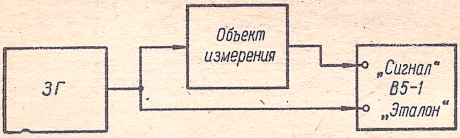

ЗГ
Объект измерения
„Сигнал"
В5-1
„Эталон"

Рис. 37. Схема установки для измерения комплексных составляющих.

2. Переключатель частоты на приборе В5-1 установить в положение, соответствующее частоте, поданной от генератора.

3. Переключателем «напряжение» установить стрелку индикатора действительных составляющих (левый индикатор) вблизи красной риски.

4. Регулятором напряжения установить стрелку левого индикатора точно на красную риску.

5. Регулятором частоты установить стрелку индикатора мнимых составляющих (правый индикатор) на нуль.

6. Переключатель «калибр.—изм.» перевести в положение «изм.».

7. Переключателем «шкалы» получить удобочитаемые отсчеты по индикаторам.

Величина комплексных составляющих напряжения определяется по показаниям индикаторов: по левому — действительной составляющей, по правому — мнимой.

Фазовый угол при необходимости вычисляется по полученным отсчетам по формуле

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{U_{\text{мним}}}{U_{\text{дейст}}},$$

где φ — угол между вектором входного и вектором первой гармоники выходного напряжения исследуемого четырехполюсника на данной частоте.

Измерение напряжения

Прибор В5-1 может быть использован для измерения эффективного значения напряжения звуковых частот. Для этого необходимо:

1. Подготовить прибор к работе, как описывалось ранее.
2. Переключатель частоты установить в положение «выкл.».
3. Измеряемое напряжение подвести параллельно к обоим входам («эталон» и «сигнал»).
4. Измеренную величину напряжения отсчитывают по индикатору действительных составляющих (левому).

Предупреждение. Во избежание нарушения калибровки термопреобразователей недопустим длительный выход стрелки индикатора за пределы шкалы (забивание стрелки).

ВОЛЬТМЕТРЫ СЕЛЕКТИВНЫЕ

Вольтметр селективный В6-1

Предназначен для измерения эффективного значения малых напряжений синусоидальной формы в лабораторных условиях.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения напряжения 0,5 мкВ — 10 мВ, с дополнительным внешним делителем — до 1В.
2. Диапазон частот 0,15—35 МГц.
3. Основная погрешность на частоте 150 кГц не более ±5%.
4. Дополнительная частотная погрешность не более ±12% во всем диапазоне частот.
5. Входное сопротивление не менее 0,5 МОм на частоте 150 кГц и не менее 10 кОм на частоте 35 МГц. Входная емкость пробника не более 10 пФ.
6. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В. Потребляемая мощность не более 200 ВА.
7. Вес прибора 30 кг, габаритные размеры 520×350×350 мм.

Схема прибора

Структурная схема прибора В6-1 (рис. 38) состоит из катодного повторителя (входной пробник), усилителя высокой частоты, первого смесителя, первого гетеродина, усилителя первой промежуточной частоты, второго смесителя, второго гетеродина, делителя напряжения, усилителя второй промежуточной частоты, вольтметра переменного тока, калибратора, усилителя низкой частоты и блока питания.

Принципиальная схема прибора В6-1 приведена на рис. 39.

Катодный повторитель работает на лампе $Л_1$ по триодной схеме. В нагрузку катодного повторителя включены высокочастотные фильтры. Напряжение сигнала с сопротивления R_4 поступает на апериодический

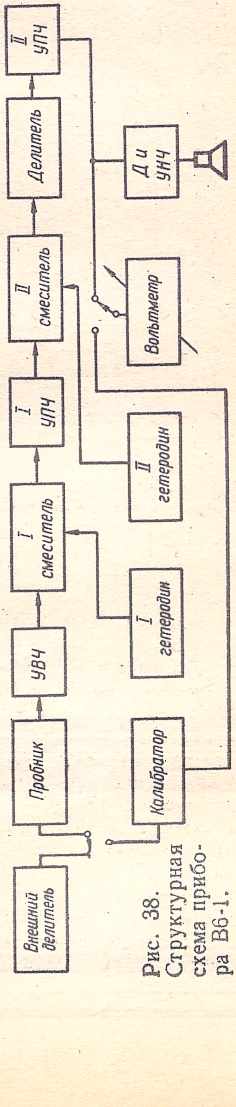


Рис. 38. Структурная схема прибора В6-1.

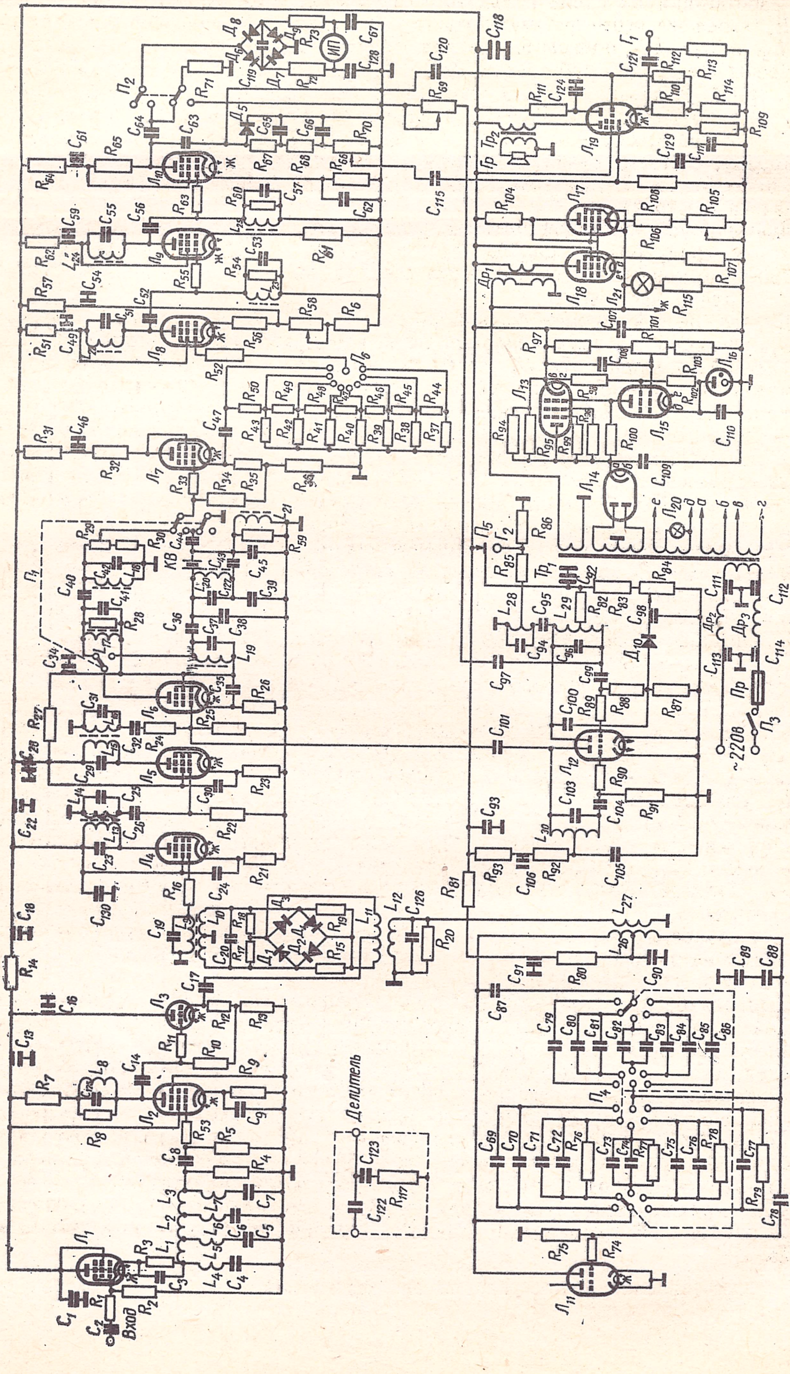

Вход
Делитель
Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Л7
Л8
Л9
Л10
Л11
Л12
Л13
Л14
Л15
Л16
Л17
Л18
Л19
Л20
Л21
Д1
Д2
Д3
Д4
Д5
Д6
Д7
Д8
Д9
Д10
П1
П2
П3
П4
П5
П6
КВ
ИП
Тр1
Тр2
Др1
Др2
Др3
Гр
Г1
Г2
Пр
~220в
R117
C122
C123

Рис. 39. Принципиальная схема прибора В6-1.

усилитель высокой частоты, собранный на лампе $Л_2$, и затем на первый смеситель, работающий по схеме кольцевого модулятора на кристаллических диодах $Д_1$—$Д_4$. Сюда же через два высокочастотных трансформатора, обмотки которых L_{26}, L_{27} и L_{12}, L_{11}, подводится сигнал первого гетеродина.

Первый гетеродин работает на лампе $Л_{11}$ по трехточечной схеме с автотрансформаторной связью. Частота гетеродина изменяется грубо переключением контурных конденсаторов C_{69}—C_{86} и плавно конденсатором переменной емкости C_{87}. Ручка переключателя конденсаторов на передней панели (рис. 40) имеет гравировку, соответствующую пределам включенного диапазона частот: «0,15—2; 2—8; 8—15; 15—24; 24—35». Ручка конденсатора плавного изменения частоты обозначена «настройка».

Значение установленной частоты определяется по шкале «MHz». При несоответствии градуировки шкалы частот частота гетеродина корректируется подстроечным конденсатором C_{89} через специальное отверстие в лицевой панели слева от ручки настройки.

Сигнал первой промежуточной частоты (40 МГц), выделенный контуром L_9, C_{19}, подается на двухкаскадный усилитель первой промежуточной частоты, работающий на лампах $Л_4$, $Л_5$. Затем сигнал подается на односеточный второй смеситель на лампе $Л_6$. Сюда же от второго гетеродина, собранного на одном триоде лампы $Л_{12}$, подается сигнал частотой 39,535 МГц. В результате этого в нагрузке второго смесителя выделяется сигнал второй промежуточной частоты 465 кГц. Нагрузкой второго смесителя служат фильтры с внешнеемкостной связью с полосами пропускания 10 и 1 кГц. Полоса в 1 кГц достигается применением кварца *КВ*. Фильтры (полосы пропускания) переключаются переключателем на передней панели с обозначением «полоса kHz 1—10».

После фильтра сигнал второй промежуточной частоты через катодный повторитель на лампе $Л_7$ подается на делитель напряжения. Пределы измерения (коэффициент деления) изменяются переключателем $П_6$, ручка которого на передней панели обозначена «шкалы μV 3—10000». После делителя сигнал усиливается тремя каскадами усилителя второй промежуточной частоты на лампах $Л_8$, $Л_9$, $Л_{10}$. В первом усилителе изменением смещения на сетке при помощи переменного сопротивления R_{58} осуществляется ручная регулировка усиления. Ручка этой регулировки обозначена «усиление».

После усилителя второй промежуточной частоты сигнал детектируется диодом $Д_5$ и подается на усилитель низкой частоты, собранный на пентодной части лампы $Л_{19}$. Нагрузкой этой лампы служит трансформатор $Тр_2$ с громкоговорителем, что дает возможность прослушивать модулирующий сигнал. Величина сигнала низкой частоты регулируется потенциометром R_{70}, ручка которого обозначена «громкость». Параллельно с этим через катодный повторитель на второй части лампы $Л_{19}$ к гнезду «выход усилителя» подводится продетектированный сигнал, который можно наблюдать на осциллографе при измерении внешним вольтметром.

Для измерения величины сигнала в приборе имеется собственный вольтметр, собранный на диодах $Д_6$—$Д_9$ по мостовой схеме. Индикатором вольтметра является прибор *ИП* (100 мкА).

Для калибровки усиления прибора в схеме имеется калибратор, представляющий собой генератор 150 кГц, работающий на втором триоде $Л_{12}$. Для стабильности работы в генераторе осуществляется дополнительная отрицательная обратная связь с сопротивления R_{87} нагрузки детектора $Д_{10}$. Величина обратной связи устанавливается изменением режима детектора регулировкой напряжения с потенциометра R_{84}, ручка которого обозначена «коррекция калибр. напряжения» (внутри прибора). Калиброванное напряжение 1 мВ от генератора подводится к гнезду с обозначением «калибр. напр. 1 mV, 150 kHz». Для проверки и установки напряжения генератора 1 мВ может быть использован внутренний вольтметр, который переключателем $П_2$ (внутри прибора) подключается к калибратору. В этом случае 1 мВ соответствует установка стрелки прибора на красную риску шкалы.

Для калибровки прибора входной пробник вставляется в гнездо «калибр. напр. 1 mV, 150 kHz». При этом переключатель $П_5$ автоматически своими контактами замыкает цепь анодного питания генератора. При вынутом пробнике цепь питания генератора разрывается.

Блок питания содержит выпрямитель на лампе $Л_4$ и электронный стабилизатор на лампах $Л_{13}$, $Л_{15}$, $Л_{16}$.

Питание накала ламп подается через стабилизатор на лампах $Л_{17}$, $Л_{18}$ с дросселем $Др_1$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В6-1 приведена в табл. 28.

Подготовка прибора к работе

В комплект прибора входит: собственно прибор, градуировочный график коэффициента усиления в зависимости от частоты, внешний делитель напряжения 1 : 100, кабель питания.

Все элементы управления выведены на переднюю панель (рис. 40).

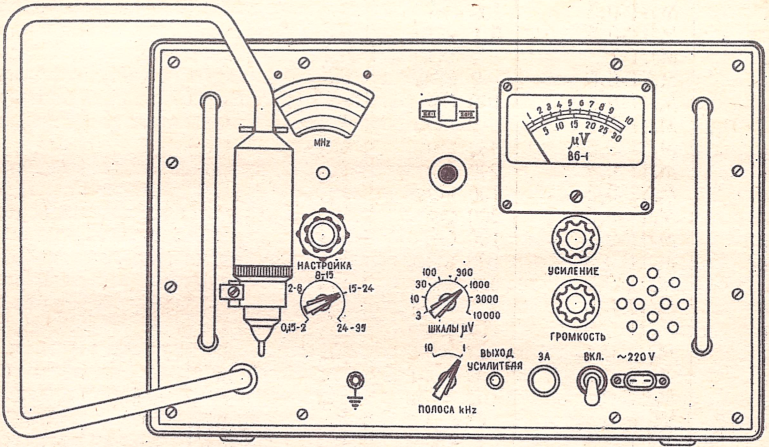


Рис. 40. Вид передней панели прибора В6-1.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель питания «вкл.» установить в положение выключено.

2. Кабель питания подключить к фишке прибора и затем к сети 220 В.

3. Переключатель «полоса kHz» установить в требуемое положение.

4. Переключатель диапазонов частот «MHz» установить в положение «0,15—2».

5. Переключатель пределов измерения «шкалы μV» установить на «1000».

6. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка под шильдиком, а через 30—40 с — лампочка освещения шкалы частот) и дать прибору прогреться в течение 2 ч.

7. Вставить входной пробник в гнездо «калибр. напр. 1 mV, 150 kHz».

8. Ручкой «настройка» добиться максимального отклонения стрелки индикатора. При этом показание шкалы частот должно быть 150 кГц. При несоответствии градуировки ручкой «настройка» установить 150 кГц и отверткой через отверстие слева от ручки «настройка» добиться максимальных показаний индикатора.

28. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В6-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	УЛМ-0,12	27 Ом	R_{60}	МЛТ-0,5	470 кОм
R_2	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{61}	МЛТ-0,5	300 Ом
R_3	ВС-0,25	43 Ом	R_{62}	МЛТ-0,5	1,3 кОм
R_4	МЛТ-0,5	180 Ом	R_{63}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_5	МЛТ-0,5	620 кОм	R_{64}	МЛТ-0,5	1,3 кОм
R_6	МЛТ-0,5	1 кОм	R_{65}	МЛТ-0,5	10 кОм
R_7, R_8	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{66}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_9	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{67}, R_{68}	МЛТ-0,5	39 кОм
R_{10}	МЛТ-0,5	100 кОм	R_{69}	СПО-0,5	3,3 кОм
R_{11}	ВС-0,25	56 Ом	R_{70}	СП-1-1-А	1 МОм
R_{12}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{71}	МЛТ-0,5	2,7 кОм
R_{13}	МЛТ-0,5	5,1 кОм	R_{72}, R_{73}	МЛТ-0,5	8,2 кОм
R_{14}	МЛТ-1	1 кОм	R_{74}	УЛМ-0,12	27 Ом
R_{15}	МЛТ-0,5	2 кОм	R_{75}, R_{76}	МЛТ-0,5	15 кОм
R_{16}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{77}	МЛТ-0,5	120 кОм
R_{17}—R_{19}	МЛТ-0,5	2 кОм	R_{78}	МЛТ-0,5	82 кОм
R_{20}	МЛТ-0,5	330 Ом	R_{79}	МЛТ-0,5	43 кОм
R_{21}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{80}	МЛТ-0,5	5,1 кОм
R_{22}	МЛТ-0,5	100 кОм	R_{81}	МЛТ-0,5	1,3 кОм
R_{23}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{82}	МЛТ-0,5	5,1 кОм
R_{24}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{83}	МЛТ-0,5	150 кОм
R_{25}	МЛТ-0,5	100 кОм	R_{84}	СПО-II-1-А	22 кОм
R_{26}	МЛТ-0,5	5,1 кОм	R_{85}	БЛП-0,1	100 кОм
R_{27}	МЛТ-0,5	1,3 кОм	R_{86}	БЛП-0,1	200 Ом
R_{28}	МЛТ-0,5	100 кОм	R_{87}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_{29}	МЛТ-0,5	27 кОм	R_{88}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{30}	МЛТ-0,5	30 кОм	R_{89}	МЛТ-0,5	2 кОм
R_{31}	МЛТ-0,5	1,3 кОм	R_{90}	УЛМ-0,12	27 Ом
R_{32}	ВС-0,25	27 Ом	R_{91}	МЛТ-0,5	8,2 кОм
R_{33}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{92}	МЛТ-0,5	5,1 кОм
R_{34}	МЛТ-0,5	510 кОм	R_{93}	МЛТ-0,5	1,3 кОм
R_{35}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{94}, R_{95}	МЛТ-2	51 кОм
R_{36}	МЛТ-0,5	22 кОм	R_{96}	МЛТ-1	530 Ом
R_{37}	БЛП-0,1	651 Ом	R_{97}	МЛТ-2	33 кОм
R_{38}—R_{43}	БЛП-0,1	963 Ом	R_{98}	МЛТ-1	6,2 кОм
R_{44}	БЛП-0,1	1515 Ом	R_{99}	МЛТ-1	330 Ом
R_{45}	БЛП-0,1	1333 Ом	R_{100}	МЛТ-1	1 МОм
R_{46}	БЛП-0,1	1515 Ом	R_{101}	Потенциометр	14 кОм
R_{47}	БЛП-0,1	1333 Ом	R_{102}	МЛТ-2	3,9 кОм
R_{48}	БЛП-0,1	1515 Ом	R_{103}	МЛТ-2	33 кОм
R_{49}	БЛП-0,1	1333 Ом	R_{104}	МЛТ-1	1 МОм
R_{50}	БЛП-0,1	1515 Ом	R_{105}	Потенциометр	51 Ом
R_{51}	МЛТ-0,5	1,3 кОм	R_{106}	МЛТ-2	130 Ом
R_{52}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{107}	МЛТ-2	2 кОм
R_{54}	МЛТ-0,5	470 кОм	R_{108}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{55}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{109}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{56}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{110}	МЛТ-0,5	390 Ом
R_{57}	МЛТ-1	51 кОм	R_{111}	МЛТ-0,5	1 кОм
R_{58}	СП-1-1-А	1 Ом	R_{112}	МЛТ-0,5	510 кОм
R_{59}	МЛТ-0,5	200 кОм	R_{113}	МЛТ-0,5	100 кОм

Продолжение табл. 28

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_{114}	МЛТ-0,5	390 Ом	C_{56}	КДК-1-М	7 пФ
R_{115}	Проволочный	7 Ом	C_{57}	КСО-1-250	300 пФ
R_{117}	БЛП-0,1	27 Ом	C^*_{58}, C^*_{60}	КБП-Р-110	0,05 мкФ
C_1	МБМ-160	0,05 мкФ	C_{59}, C_{61}	КБП-Р-110	0,05 мкФ
C_2	КТМ-Н	3000 пФ	C_{62}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
C_3	КСО-5-500	5600 пФ	C_{63}, C_{64}	КСО-5-250	0,01 мкФ
C_4	КТК-1а-М	10 пФ	C_{65}, C_{66}	КСО-1-250	750 пФ
C_5	КТК-1а-М	30 пФ	C_{67}	КСО-5-250	0,01 мкФ
C_6	КТК-1а-М	15 пФ	C^*_{68}	КТП-2а-Н	6800 пФ
C_7	КТК-1а-М	2 пФ	C_{69}	КТК-1а-М	36 пФ
C_8	КСО-2-500	100 пФ	C_{70}	Специальный	2—8 пФ
C_9	МБМ-160	0,1 пФ	C_{71}	КТК-1а-М	24 пФ
C^*_{11}, C_{13}	КПБ-Р-110	0,05 мкФ	C_{72}	Специальный	2—8 пФ
C_{14}	КСО-2-500	1000 пФ	C_{73}	КТК-1а-М	15 пФ
C_{16}	КБП-Р-250	0,05 мкФ	C_{74}	Специальный	2—8 пФ
C_{17}	МБМ-160	0,1 мкФ	C_{75}	КТК-1а-М	7 пФ
C_{18}	КТП-2а-Н	6800 пФ	C_{76}, C_{77}	Специальный	2—8 пФ
C_{19}, C_{20}	КТК-1а-М	10 пФ	C_{78}	КТК-1а-М	39 пФ
C^*_{21}, C_{22}	КТП-2а-Н	6800 пФ	C_{79}	Специальный	2—8 пФ
C_{23}	КТК-1а-М	33 пФ	C_{80}	КТК-1а-М	30 пФ
C_{24}	КСО-2-500	1200 пФ	C_{81}	Специальный	2—8 пФ
C_{25}	КТК-1а-М	33 пФ	C_{82}	КТК-1а-М	20 пФ
C_{26}	КТК-1а-М	2 пФ	C_{83}	Специальный	2—8 пФ
C^*_{27}, C_{28}	КТН-2а-Н	6800 пФ	C_{84}	КТК-1а-М	7 пФ
C_{29}	КТК-1а-М	33 пФ	C_{85}, C_{86}	Специальный	2—8 пФ
C_{30}	КСО-2-500	1200 пФ	C_{87}	Переменный	3—27 пФ
C_{31}	КТК-1а-М	33 пФ	C_{88}	КДК-1-М	2 пФ
C_{32}	КТК-1-М	1 пФ	C_{89}	Специальный	2—8 пФ
C^*_{33}	КБП-Р-110	0,05 мкФ	C_{90}	КСО-1-250	750 пФ
C_{34}	КТК-2а-Н	6800 пФ	C_{91}	КТП-2а-Н	6800 пФ
C_{35}	КБГ-И-200	0,1 мкФ	C_{92}	КБП-Р-250	0,025 мкФ
C_{36}	КДК-1-М	2 пФ	C_{93}	МБГО-2-300	1 мкФ
C_{37}	КСО-1-250	200 пФ	C_{94}	КСО-5-500	4300 пФ
C_{38}, C_{39}	КСО-250	360 пФ	C_{95}	КТК-1а-М	18 пФ
C_{40}	КДК-1-М	4 пФ	C_{96}	КСО-5-500	4300 пФ
C_{41}, C_{42}	КСО-1-250	300 пФ	C_{97}	КСО-2-500	2400 пФ
C_{43}	Специальный	2—8 пФ	C_{98}	КТП-2а-Н	6800 пФ
C_{44}	КСО-2-500	1000 пФ	C_{99}, C_{100}	КСО-1-250	100 пФ
C_{45}	КСО-1-250	180 пФ	C_{101}	КДК-1-М	1 пФ
C_{46}	КБП-Р-250	0,05 пФ	C^*_{102}	КБП-Р-110	0,05 мкФ
C_{47}	КСО-2-500	2400 пФ	C_{103}	КТК-1а-М	39 пФ
C^*_{48}, C^*_{50}	КБП-Р-110	0,05 мкФ	C_{104}	КСО-1-250	75 пФ
C_{49}	КБП-Р-110	0,05 мкФ	C_{105}	КСО-1-250	750 пФ
C_{51}	КСО-1-250	300 пФ	C_{106}	КБП-Р-250	0,025 мкФ
C_{52}	КДК-1-М	6 пФ	C_{107}, C_{108}	МБГП-2-200	1 мкФ
C_{53}	КСО-1-250	300 пФ	C_{109}	МБГО-2-500	10 мкФ
C_{54}	КБП-Р-110	0,1 мкФ	C_{110}	МБГП-2-200	1 мкФ
C_{55}	КСО-1-250	300 пФ	C_{111}–C_{114}	КБП-Р-500	0,025 мкФ
			C_{115}	КСО-5-250	0,01 мкФ

Продолжение табл. 28

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C^*_{116}	КБП-Р-110	0,05 мкФ	L_{19}—L_{21}	—	0,5 мГ
C_{117}	ЭМ-4	20 мкФ	L_{22}—L_{25}	—	0,3 мГ
C_{118}	КЭ-2-450	20 мкФ	L_{26}	—	0,2 мГ
C_{119}	КСО-5-250	0,01 мкФ	L_{27}	—	—
C_{120}	КСО-1-250	300 пФ	L_{28}, L_{29}	—	0,23 мГ
C_{121}	КСО-5-500	5600 пФ	L_{30}	—	0,4 мкГ
C_{122}	Конструктивный	0,82 пФ	$Л_1$, $Л_2$	6Ж1П	—
C_{123}	КТК-2-М	82 пФ	$Л_3$	6С3П	—
C_{124}	КЭ-2-300	30 мкФ	$Л_4$—$Л_{10}$	6Ж1П	—
C_{125}	КТК-1а-М	24 пФ	$Л_{11}$, $Л_{12}$	6Н3П	—
C_{126}	КТК-1а-М	10 пФ	$Л_{13}$	ГУ-50	—
C_{127}	КТК-1а-М	20 пФ	$Л_{14}$	6Ж1П	—
C_{128}	КСО-5-250	0,01 мкФ	$Л_{15}$	6Ж1П	—
C_{129}	КСО-1-250	200 пФ	$Л_{16}$	СГ2С	—
C_{130}	КСО-2-500	1200 пФ	$Л_{17}$	2П2П	—
L_1—L_3	—	0,6 мкГ	$Л_{18}$	6П1П	—
L_4	—	0,3 мкГ	$Л_{19}$	6Ф1П	—
L_5, L_6	—	0,4 мкГ	$Л_{20}$, $Л_{21}$	МН-14	6,3 В; 0,25 А
L_7	—	0,3 мкГ	$Д_1$—$Д_{10}$	Д2В	—
L_8	—	10 мкГ	$ИП$	Микроамперметр	100 мкА
L_9—L_{16}	—	0,4 мкГ	$КВ$	РПК-6Г±5	465 кГц
L_{17}, L_{18}	—	0,3 мГ	$Гр$	ДЭМ-4М	0,25 Вт

Примечание. Конденсаторы C^* включены в цепи накала ламп и на схеме не показаны.

9. Ручкой «усиление» отрегулировать отклонение индикатора на всю шкалу.

Примечание. При необходимости работы с другими приборами (внешний вольтметр, осциллограф и т. д.) подготовить их к работе соответствующим образом, а вход их соединить с гнездом «выход усилителя» прибора В6-1.

10. Пробник вынуть из гнезда.

Измерение напряжения

Для измерения напряжения необходимо:

1. Установить переключатель пределов «шкалы μV» в соответствии с величиной измеряемого напряжения.
2. Установить требуемый диапазон частот.
3. Подключить входной пробник к исследуемой схеме.
4. Ручкой «настройка» добиться максимального показания индикатора; если при этом показания слишком малы или стрелка уходит за пределы шкалы, ручку «шкалы μV» установить в положение, обеспечивающее удобные для отсчета показания индикатора.
5. Величину измеренного напряжения определить по шкале прибора в соответствии с положением переключателя «шкалы μV». Шкала индикатора проградуирована в эффективных значениях напряжения. Для уменьшения погрешности измерения следует внести поправку, взятую из графика. При этом действитель-

ное значение измеренного напряжения подсчитывается по формуле

$$U_д = U_н\left(1 - \frac{\alpha_V}{100}\right),$$

где $U_н$ — показания прибора; α_V — поправка, взятая из графика.

6. Напряжения от 10 мВ до 1 В измеряются аналогично, с той лишь разницей, что на входной пробник насаживается внешний делитель.

ВОЛЬТМЕТРЫ УНИВЕРСАЛЬНЫЕ

Вольтметр универсальный В7-2 и делители напряжения Д6-6, Д6-7, Д6-8

Вольтметр предназначен для измерения напряжений в цепях постоянного и переменного тока частотой от 20 Гц до 400 МГц.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения вольтметра:

при непосредственном включении в цепи постоянного и переменного тока до 150 В;

по постоянному току при включении с делителем напряжения типа Д6-8 до 15 кВ;

по переменному току при включении с делителем напряжения типа Д6-7 до 5 кВ частотой до 25 кГц;

по переменному току при включении с делителем напряжения типа Д6-6 до 5 кВ частотой от 20 кГц до 30 МГц.

2. К вольтметру придается тройниковая головка, допускающая его включение в разрыв коаксиальной линии.

3. Основная погрешность измерения напряжений при нормальной температуре не превышает следующих значений от измеряемой величины:

±2,5% в цепях постоянного и переменного тока частотой 50 Гц;

±3% в цепях переменного тока частотой до 100 МГц и ±15% частотой от 100 до 400 МГц.

4. Входное активное сопротивление вольтметра при частоте 50 Гц не менее 100 МОм, при частоте 100 МГц не ниже 50 кОм.

5. Входное сопротивление при измерении напряжения постоянного тока не менее 25 МОм. При работе с делителем Д6-8 не менее 330 МОм.

6. Входная емкость вольтметра при работе, пФ:

С низкочастотной головкой	7
С высокочастотной головкой	3
С делителем Д6-6	8
С делителем Д6-7	более 50

7. Дополнительная погрешность измерения вольтметра при работе:

с делителем Д6-6 в диапазоне частот 5 кГц — 10 МГц не более ±6% от измеряемой величины; в диапазоне частот 10—30 МГц не более ±10% от измеряемой величины;

с делителем типа Д6-7 в диапазоне частот 20 Гц — 5 кГц не более ±4% от измеряемой величины;

с делителем типа Д6-8 не более ±10% от измеряемой величины.

8. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110—220 В.

Схема прибора

Принципиальная схема лампового вольтметра типа В7-2 (рис. 41) состоит из мостовой схемы, детектора, схемы компенсации и выпрямителя.

Мостовая схема прибора образована сопротивлениями ламп постоянному току (лампы $Л_{4а}$, $Л_{4б}$ и $Л_{2а}$, $Л_{2б}$). В измерительную диагональ включен микроамперметр (шкала 150 В) с последовательно включенными резисторами R_9, R_{10}, R_{14}, R_{17} и параллельно включенными — R_6, R_{20}.

Мост питается от выпрямителя. От него же питается потенциометр, образованный резисторами R_{29}—R_{31} (в зависимости от вида и пределов измерения). Напряжение, снимаемое с этого потенциометра, обеспечивает нормальную работу ламп в мостовой схеме.

Мост балансируется изменением потенциала сетки относительно катода лампы $Л_{2б}$, соединенной с движком потенциометра R_{36}, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «установка нуля».

Измеряемое постоянное напряжение, подводимое к входным клеммам, непосредственно воздействует на сетку лампы $Л_{2а}$. Изменение потенциала сетки нарушает баланс моста и вызывает отклонение стрелки микроамперметра.

Измеряемое переменное напряжение воздействует на мостовую схему после детектирования. Амплитудный детектор работает на лампе $Л_1$ по схеме с закрытым входом. Нагрузкой детектора служит резистор R_1. Конструктивно детектор выполнен в виде выносной головки. К прибору В7-2 придаются две выносные головки (высокочастотная и низкочастотная), различающиеся лишь величиной емкости конденсатора. Для компенсации начального тока детектора служит схема компенсации, работающая на лампе $Л_3$. Ее действие на сетку лампы $Л_{2б}$ аналогично действию лампы основного детектора на сетку лампы $Л_{2а}$.

Выпрямитель $Д_1$, собранный на селеновых столбиках по мостовой схеме, питается от феррорезонансного стабилизатора напряжения.

Вид работы и пределы измерения изменяются переключателями $П_1$ и $П_2$, ручки которых выведены на переднюю панель и обозначены «+», «—», «~» и «1,5—150». Для быстрой проверки нуля служит кнопка замыкания входа прибора $П_3$.

Схема делителя напряжения типа Д6-8 приведена на рис. 42, *а*. Схема делителя напряжения типа Д6-7 (рис. 42, *б*) представляет собой емкостный делитель с коррекцией на низких частотах, которая осуществляется дополнительно включенными резисторами R_1 и R_2. Коэффициент деления делителя регулируется подстроечным конденсатором C_6.

Делитель напряжения типа Д6-6 (рис. 42, *в*) представляет собой емкостный делитель, коэффициент деления которого регулируется подстроечным конденсатором C_2.

Головка для включения в разъем коаксиальных кабелей (тройник) представляет отрезок коаксиальной линии с волновым сопротивлением 75 Ом. С помощью тройниковой головки можно измерять напряжение вольтметром В7-2 в коаксиальных линиях с соединителями типа РК-3 в диапазоне 100—400 МГц. Коэффициент стоячей волны (КСВ) головки с включенным в нее пробником вольтметра не превышает 1,3, при КСВ согласованной нагрузки не более 1,1.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В7-2 приведена в табл. 29.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 43). Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети «включено» поставить в положение выключено.
2. Кабель питания подключить к колодке прибора «сеть 50 Гц» и к сети.
3. Включить питание (при этом должна загореться индикаторная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 2—3 мин.

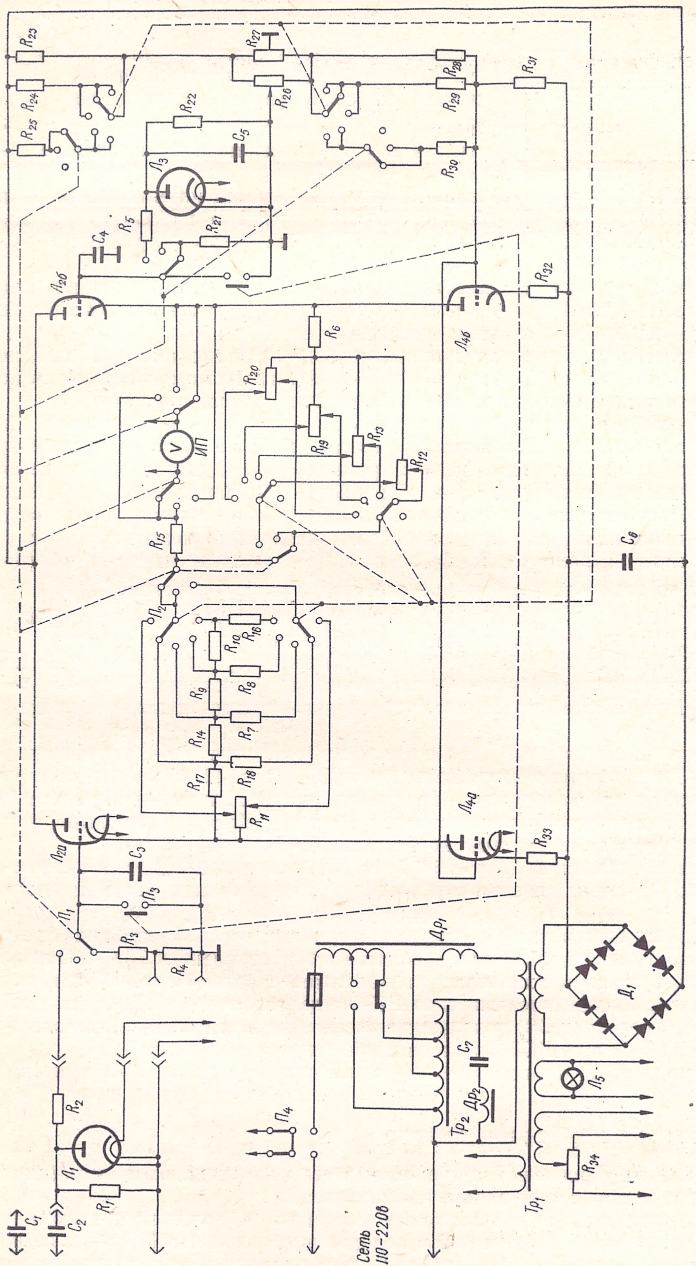

R_{23}
R_{24}
R_{25}
R_{27}
R_{26}
R_{22}
C_5
$Л_3$
R_5
R_{21}
C_4
$Л_{2б}$
R_{28}
R_{29}
R_{30}
R_{31}
R_{32}
$Л_{4б}$
R_6
R_{20}
R_{19}
R_{13}
R_{12}
V
ИП
R_{15}
$П_2$
R_{10}
R_{16}
R_9
R_8
R_{14}
R_7
R_{17}
R_{18}
R_{11}
$Л_{2а}$
$Л_{4а}$
R_{33}
C_6
C_3
$П_3$
$П_1$
R_3
R_4
$Др_1$
$Д_1$
$Л_5$
R_{34}
$Тр_1$
$Тр_2$
$Др_2$
C_7
$П_4$
Сеть 110–220в
$Л_1$
R_1
R_2
C_1
C_2

Рис. 41. Принципиальная схема прибора В7-2.

29. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа В7-2

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	КЛМ-1	100 МОм	R_{25}	МЛТ-0,5	200 кОм
R_2	КЛМ-1	47 МОм	R_{26}	Потенциометр	2,2 кОм
R_3, R_4	КЛМ-1	33 МОм	R_{27}	СП-1-1	4,7 кОм
R_5	КЛМ-1	47 МОм	R_{28}	МЛТ-0,5	200 кОм
R_6	БЛП-0,25	3,3 кОм	R_{29}	МЛТ-0,5	560 кОм
R_7	БЛП-0,25	12 кОм	R_{30}	МЛТ-0,5	200 кОм
R_8	БЛП-0,25	45 кОм	R_{31}	МЛТ-0,5	30 кОм
R_9	БЛП-0,25	85 кОм	R_{32}, R_{33}	МЛТ-0,5	75 кОм
R_{10}	БЛП-0,25	75 кОм	R_{34}	Проволочный	0,5 Ом
R_{11} —R_{13}	Полупеременный	2 кОм	C_1	Конструктивный	100 пФ
R_{14}	БЛП-0,25	3 кОм	C_2	КБГ-И-400	0,03 мкФ
R_{15}	БЛП-0,25	75 кОм	C_3—C_5	КСО-5-250-Г	0,01 мкФ
R_{16}	БЛП-0,25	75 кОм	C_6	МБГО-2-600	1 мкФ
R_{17}	Проволочный	8 кОм	C_7	КБГ-МН	4 мкФ
R_{18}	БЛП-0,25	75 кОм	$Л_1$	2Д1С	—
R_{19}, R_{20}	Полупеременный	2 кОм	$Л_2$	6Н9С	—
			$Л_3$	2Д1С	—
R_{21}	КЛМ-1	33 МОм	$Л_4$	6Н9С	—
R_{22}	КЛМ-1	100 МОм	$Л_5$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{23}	МЛТ-0,5	200 кОм	$Д_1$	АВС-6-420М	—
R_{24}	МЛТ-0,5	560 кОм	$ИП$	М-24	200 мкА

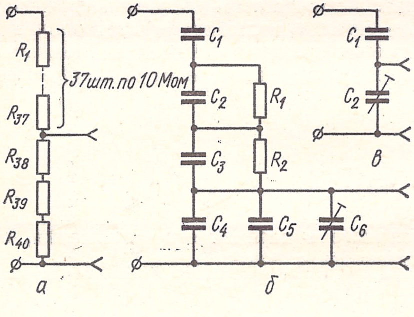

R1
37шт. по 10 Мом
R37
R38
R39
R40
а
C1
C2
R1
C3
R2
C4
C5
C6
б
C1
C2
в

Рис. 42. Схемы делителей: *а* — Д6-8; *б* — Д6-7; *в* — Д6-6.

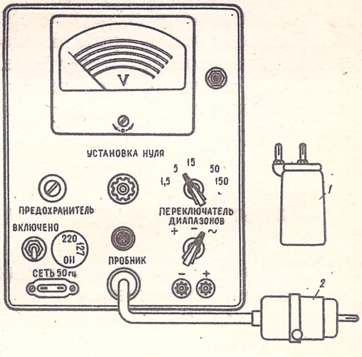

V
УСТАНОВКА НУЛЯ
5
15
50
1,5
150
ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ
ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ДИАПАЗОНОВ
ВКЛЮЧЕНО
220
127
+
−
~
СЕТЬ 50 гц
ПРОБНИК
−
+
1
2

Рис. 43. Вид передней панели прибора В7-2.

4. Переключатель пределов измерений установить в положение «150».

5. Нажав кнопку замыкания входа, ручкой «установка нуля» добиться установки стрелки прибора на нуль.

Измерение напряжения

Для измерения постоянных напряжений необходимо:

1. Подключить прибор к схеме через входные клеммы.

2. Переключатель рода работы поставить в такое положение («+» или «—»), при котором стрелка прибора отклоняется в сторону увеличения показаний.

3. После переключения пределов измерений проверить установку нуля. Для этого, не отключая прибор от схемы, нажать кнопку замыкания входа и, если необходимо, ручкой «установка нуля» установить стрелку на нуль.

Измеряемое напряжение отсчитывают по шкале прибора в соответствии с положением переключателя шкал.

Для измерения высокого постоянного напряжения применяется делитель типа Д6-8. Кабель делителя Д6-8 вилкой подключается к входным клеммам прибора, а щупом — к исследуемой точке схемы.

Положение переключателя рода работы определяется по нормальному отклонению стрелки прибора.

Величину измеряемого напряжения с включенным делителем определяют умножением показаний прибора (в соответствии с положением ручки переключателя шкал) на коэффициент, равный 100.

Для измерения переменных напряжений необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель рода работы установить в положение, обозначенное «~».
3. Подключить прибор к исследуемой схеме непосредственно пробником. Рекомендуется применять пробник с низкочастотной головкой *1* в диапазоне частот до 50 МГц. Высокочастотная головка *2* используется на частотах 1—100 МГц.

Измерения на частотах 100—400 МГц можно производить, используя тройниковую головку. В этом случае она включается в разъем коаксиальной линии, а в раструб головки вставляется пробник вольтметра с высокочастотной головкой *2*.

4. Установить переключатель пределов измерения в положение, при котором показания прибора удобны для отсчета.
5. После переключения пределов измерений необходимо проверить установку нуля. Для этого, не отключая прибор от схемы, выключить измеряемое напряжение и, если необходимо, ручкой установить стрелку прибора на нуль.

Для измерения переменных высоких напряжений применяются делители напряжения типов Д6-6 или Д6-7.

Для измерения пробник вольтметра с низкочастотной головкой со снятым земляным вводом вставляют в делитель и стрелка вольтметра устанавливается на нуль. Величину измеряемого напряжения находят умножением показаний шкалы вольтметра (в соответствии с положением переключателя) на коэффициент делителя, равный 100.

Вольтметр универсальный ВК7-3

Предназначен для измерения постоянного и переменного напряжения, сопротивления постоянному току, индуктивности и емкости.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения напряжения при непосредственном включении 0,1—1000 В. С помощью выносного делителя пределы измерения постоянного напряжения могут быть расширены до 3 и 8 кВ.
2. Сопротивление постоянному току измеряется в пределах от 1 Ом до 100 МОм.
3. Индуктивность измеряется в пределах от 100 мГ до 10^5 Г, емкость — от 100 пФ до 100 мкФ. Пределы измерения индуктивности и емкости указаны для случая питания измерительного моста от сети частотой 50 Гц.
4. Для питания измерительного моста от внешнего источника напряжением

другой частоты пределы измерения изменяются в $F/150$ раз, где F — частота питающего напряжения.

5. Погрешности прибора:

при измерении постоянного напряжения:

На шкалах 1, 3, 10, 30, 100 В	не более	±3%
» » 300 и 1000 В	» »	±4%
С использованием выносного делителя	» »	±8%

при измерении переменного напряжения частотой 50 Гц:

На шкалах 3, 10, 30, 150 В	не более	±4%
» » 1, 300, 1000 В	» »	±5%

от верхнего предела измерения

при измерении переменного напряжения частотой до 3 кГц на шкалах 1, 3, 10, 30, 150 В не более ±10%;

при измерении напряжения частотой до 60 МГц с использованием высокочастотного пробника на шкалах 1, 3, 10, 30, 150 В не более ±12%;

при измерении сопротивлений не более ±10% измеряемой величины;

при измерении индуктивности ±15% величины измеряемой индуктивности;

при измерении емкости ±15% величины измеряемой емкости.

6. При изменении напряжения питания в пределах от +5 до —10% на частоте 50 Гц и ±3% на частоте 400 Гц погрешность прибора не превышает при измерении:

постоянного напряжения:

На шкалах 1, 3, 10, 30, 100 В	±4%
» » 300, 1000 В	±5%

переменного напряжения частотой 50 Гц:

На шкалах 3, 10, 30, 150 В	±5%
» » 1, 300, 1000 В	±6%

сопротивления на диапазоне «×1» ±12% и на остальных шкалах ±10%.

7. Входное сопротивление прибора при измерении:

постоянного напряжения 11 МОм ±5%;

с помощью высокочастотного пробника на шкалах 1, 3, 10, 30, 150 В не ниже 4,4 МОм с параллельной емкостью не более 7 пФ;

при пользовании универсальным пробником на шкалах 300 и 1000 В не менее 9 МОм с параллельной емкостью менее 200 пФ.

8. Питание пробника от сети переменного тока напряжением 220, 127 В частотой 50 Гц и 115 В частотой 400 Гц.

Схема прибора

В принципиальную схему прибора типа ВК7-3 (рис. 44) входят схемы измерения постоянного и переменного напряжения, сопротивления, индуктивности и емкости и схема питания прибора.

Схема измерения постоянного напряжения (рис. 45, *а*) представляет собой мостовую схему. Два плеча моста образованы резисторами R_8 и R_{10}. В измерительную диагональ включен микроамперметр с добавочными сопротивлениями R_{30} и R_{31} (на шкале 1 В).

Перед измерением мост балансируется изменением напряжения смещения на сетке лампы $Л_2$, подаваемого с потенциометра R_4, ручка которого на передней панели обозначена «установка нуля».

Измеряемое напряжение в зависимости от его величины подается на сетку лампы $Л_2$ непосредственно (через фильтр R_{12}, C_2 и R_{11}) или через делитель R_{36}—R_{41} и фильтр (на других шкалах).

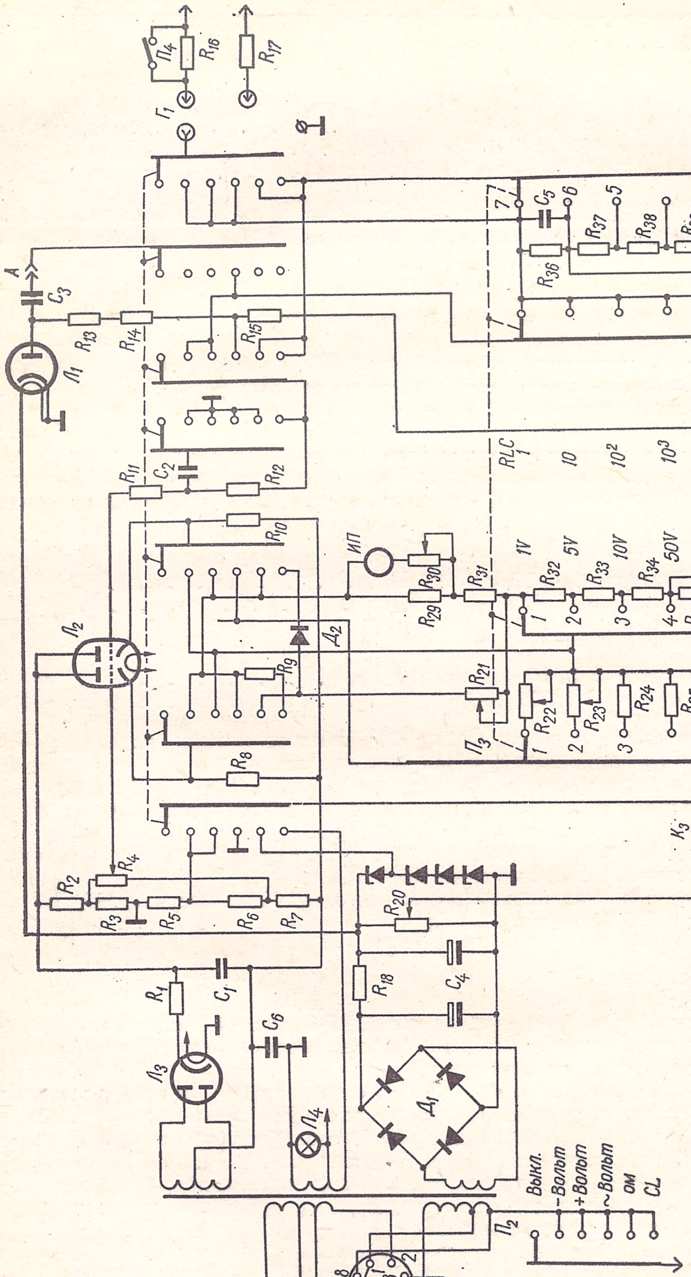

Л1
Л2
Л3
Л4
Д1
Д2
Г1
A
П1
П2
П3
П4
К2
К3
ИП
C1
C2
C3
C4
C5
C6
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
R16
R17
R18
R19
R20
R21
R22
R23
R24
R25
R26
R27
R28
R29
R30
R31
R32
R33
R34
R35
R36
R37
R38
R39
R40
R41
RLC 1
10
10²
10³
10⁴
10⁵
10⁶
1V
5V
10V
50V
~100V
~150V
500V
1000V
Выкл.
-Вольт
+Вольт
~Вольт
ом
CL

Рис. 44. Принципиальная схема прибора ВК7-3.

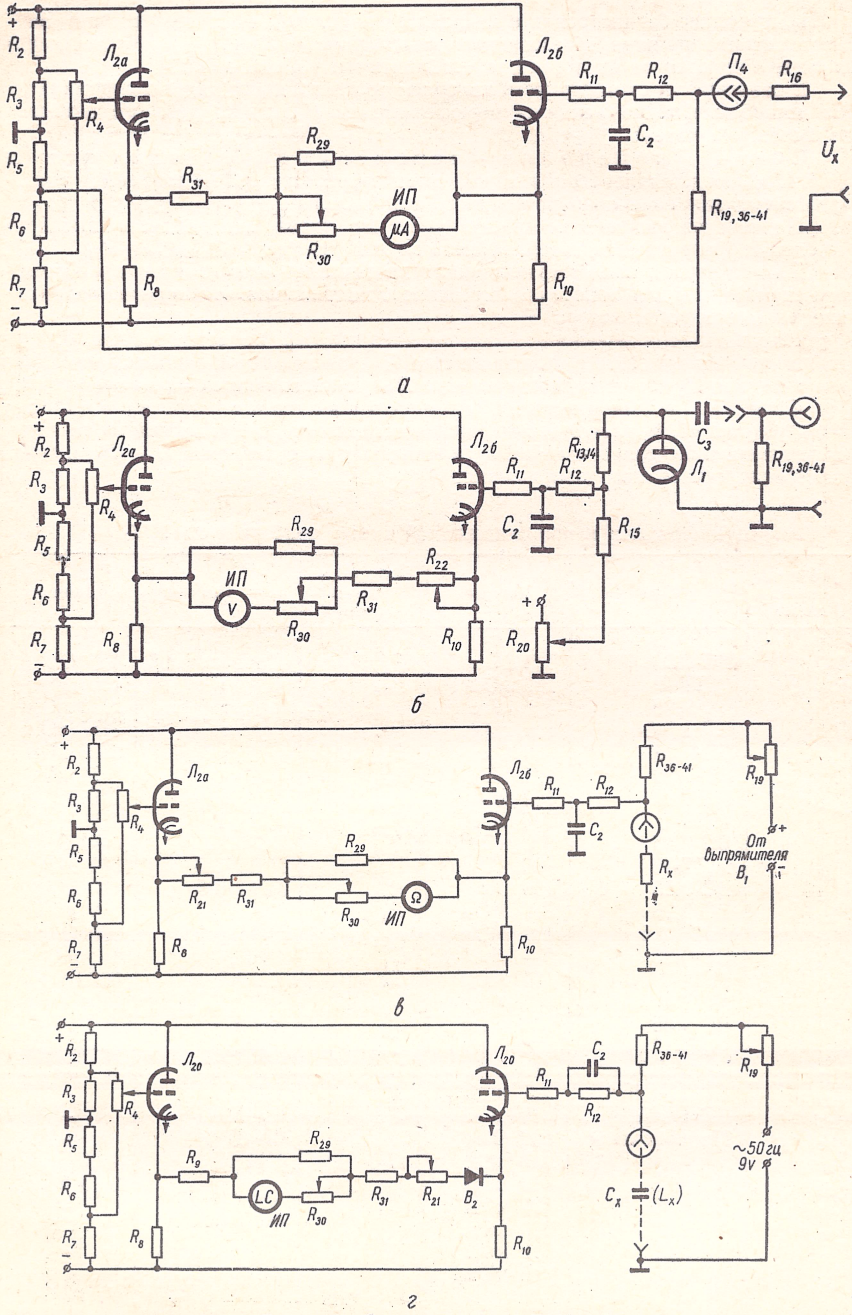

+
R2
R3
R4
R5
R6
R7
−
Л2а
Л2б
R8
R10
R11
R12
C2
П4
R16
Ux
R29
R30
R31
ИП
μA
R19, 36-41
а
R13,14
R15
R20
R22
C3
Л1
V
б
R36-41
R19
R21
Ω
Rx
От выпрямителя B1
в
R9
LC
B2
Cx (Lx)
~50 гц 9v
г

Рис. 45. Схема прибора ВК7-3 для измерения:
а — постоянного напряжения; *б* — переменного напряжения; *в* — сопротивления; *г* — индуктивности и емкости.

Напряжение балансировки и начальное напряжение на сетку лампы $Л_2$ снимаются с потенциометра, образованного резисторами R_2, R_3 и R_5—R_7. Мост и потенциометр питаются от выпрямителя, работающего на лампе $Л_3$.

В зависимости от полярности измеряемого постоянного напряжения включение микроамперметра меняется переключателем $П_2$, ручка которого выведена на переднюю панель.

Схема измерения переменного напряжения (рис. 45, *б*) представляет собой диодный детектор, работающий на лампе $Л_1$, и мостовую схему для измерения постоянного напряжения.

Переменное напряжение детектируется по схеме амплитудного диодного детектора. Нагрузкой детекторной цепи служат резисторы R_{13}, R_{14} и R_{15}.

Для измерения продетектированного напряжения используется та же мостовая схема, что и для измерения постоянного напряжения. Измеряемое напряжение снимается с резистора R_{15}.

Начальный ток детектора компенсируется подачей на сетку лампы $Л_2$ постоянного напряжения с потенциометра R_{20}, питаемого от стабилизированного выпрямителя $Д_1$ (движок потенциометра R_{20} устанавливается на заводе).

Схема измерения сопротивления постоянному току (рис. 45, *в*) представляет собой потенциометр, составленный из неизвестного измеряемого сопротивления R_x и известных сопротивлений R_{36}—R_{41} и схемы измерения постоянного напряжения.

30. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа ВК7-3

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,5	1,2 кОм	R_{29}	Проволочный	680 Ом
R_2	МЛТ-2	180 кОм	R_{30}	»	180 Ом
R_3	ВС-0,25	5,1 кОм	R_{31}	»	2,53 кОм
R_4	СП-1-0,5-А	1,5 кОм	R_{32}	»	7,37 кОм
R_5	ВС-0,25	330 Ом	R_{33}	»	25,9 кОм
R_6	ВС-0,25	4,7 кОм	R_{34}	»	74 кОм
R_7	МЛТ-2	160 кОм	R_{35}	»	259,2 кОм
R_8	МЛТ-2	80 кОм	R_{36}	МЛТ-1	До 9 МОм
R_9	ВС-0,25	8,2 кОм	R_{37}	ВС-0,25	0—1,3 МОм
R_{10}	МЛТ-2	80 кОм	R_{38}	МЛТ-0,5	900 кОм
R_{11}	ВС-0,25	100 Ом	R_{39}	МЛТ-0,5	90 кОм
R_{12}	ВС-0,25	5,1 МОм	R_{40}	МЛТ-0,5	9 кОм
R_{13}	МЛТ-0,5	4,3 МОм	R_{41}	МЛТ-0,5	900 Ом
R_{14}	ВС-0,25	0—1,5 МОм	C_1	МБГО-2	10 мкФ
R_{15}	МЛТ-1	31 МОм	C_2	КСО-5	8200 пФ
R_{16}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_3	КСО-5	0,01 мкФ
R_{17}	ВС-0,25	100 МОм	C_4	КЭ-2	100 мкФ
R_{18}	ПЭВ-10	39 Ом	C_5	КПК-1	6—25 пФ
R_{19}	Проволочный	10 Ом	C_6	КБГ-И	0,015 мкФ
R_{20}	СП-II-0,5-А	1,5 кОм	$Л_1$	4Д5С	—
R_{21}	СП-I-1-А	10 кОм	$Л_2$	6Н1П	—
R_{22}	Проволочный	800 Ом	$Л_3$	6Ц4П	—
R_{23}	»	3 кОм	$Л_4$	МН-16	13,5 В; 0,18 А
R_{24}	ВС-0,25	11 кОм			
R_{25}	ВС-0,25	33 кОм	$Д_1$	АВС-45-59	—
R_{26}	МЛТ-1	360 кОм	$Д_2$	ДГ-Ц2	—
R_{27}	ВС-0,25	5,1 кОм	*ИП*	Микроамперметр	—
R_{28}	ВС-0,25	15 кОм			

На потенциометр подается постоянное напряжение от селенового выпрямителя $Д_1$. Напряжение на неизвестном сопротивлении R_x измеряется мостовой схемой. Схема моста та же, что и для измерения постоянного напряжения, лишь в измерительную диагональ моста включается переменный резистор R_{21}, который служит для установки стрелки прибора на «∞» по шкале омов. Ручка этого сопротивления выведена на переднюю панель и обозначена «калибровка RCL».

Схема измерения индуктивности и емкости (рис. 45, *г*) аналогична схеме омметра. Здесь потенциометр составляется известными резисторами R_{36}—R_{41} и реактивным сопротивлением измеряемой индуктивности или емкости переменному току. Потенциометр питается переменным напряжением от одной из обмоток силового трансформатора или от внешнего источника. Кроме этого, в измерительную диагональ моста включается выпрямительный элемент $Д_2$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа ВК7-3 приведена в табл. 30.

Подготовка прибора к работе

Элементы управления прибором сосредоточены на передней (рис. 46, *а*) и задней (рис. 46, *б*) панелях. Кроме того, в комплект прибора входят универсальный и высоковольтный пробники (рис. 47) и провод с зажимом (крокодил).

Высокочастотный пробник, используемый при непосредственном измерении только переменных напряжений до 150 В, выполнен в виде выносной головки и соединен с прибором кабелем.

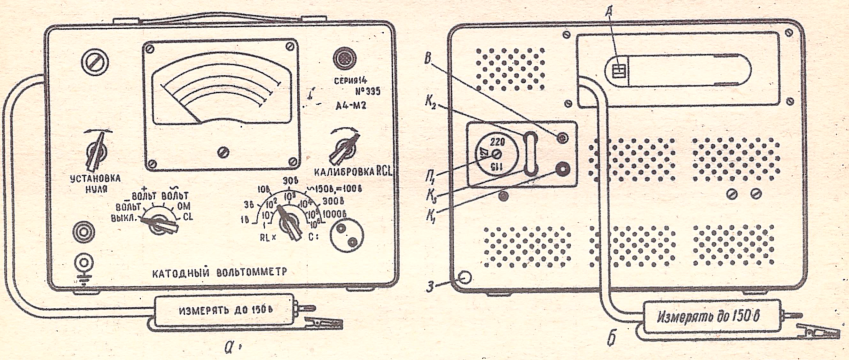


Рис. 46. Вид панелей прибора ВК7-3:
а — передней; *б* — задней.

При измерении переменного напряжения с помощью универсального пробника высокочастотный пробник укладывают в отсек под крышкой на задней стенке. При этом щуп пробника должен быть вставлен в зажим *А*, а «земляной» зажим (крокодил) уложен так, чтобы полностью исключалось его соединение с кожухом прибора (рис. 46, *б*).

Универсальный пробник используют для измерения постоянного и переменного напряжений, больших емкостей и индуктивностей и сопротивления постоянному току.

При измерении сопротивления, индуктивности, емкости и переменного напряжения универсальный щуп должен быть включен таким образом, чтобы находящийся в нем резистор R_{16} был замкнут, т. е. в таком положении, при котором не видна красная риска *2* на наконечнике щупа (рис. 47).

Постоянное напряжение измеряют при включенном резисторе R_{16}, т. е. в положении щупа универсального пробника, когда видна красная риска. Для включения и выключения этого резистора необходимо взять пробник одной рукой за его корпус, а другой — за наконечник щупа *1*, вытянуть немного из корпуса и повернуть его вправо на 90° так, чтобы выступы щупа попали в гнезда направляющей втулки. Правильность переключения проверяется отсутствием вращения наконечника. Высоковольтный пробник применяется при измерении напряжения свыше 300 В. При измерениях с помощью универсального и высоковольтного пробника низкопотенциальные клеммы прибора и объекта измерения соединяются проводом. Высоковольтный и универсальный пробники подключаются к коаксиальному гнезду.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться, что положение переключателя сети $П_1$ соответствует напряжению сети, а перемычка питания измерительного моста включена в гнезда $К_2$ и $К_3$ (рис. 46, *б*).

2. Подготовить и подсоединить к прибору необходимый для измерения пробник.

3. Поставить переключатель $П_2$ в положение «выкл.» (рис. 46, *а*).

4. Подключить кабель питания к прибору и к сети.

5. Включить питание, поставив переключатель рода работы в положение, соответствующее предполагаемым измерениям (при этом должна загореться сигнальная лампочка), и дать прибору прогреться в течение 5—10 мин.

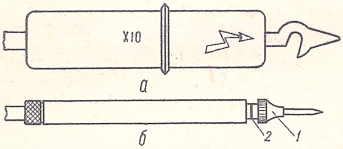


Рис. 47. Пробники прибора ВК7-3:

а — высоковольтный; *б* — универсальный; *1* — наконечник пробника; *2* — риска.

Измерение постоянного напряжения

Для измерения постоянного напряжения необходимо:

1. Установить переключатель $П_2$ в положение «+вольт» или «—вольт» в зависимости от ожидаемой полярности измеряемого напряжения.

2. Переключатель пределов измерения $П_3$ установить в положение «1 В».

3. При замкнутых накоротко входных клеммах пробник — земля ручкой «установка нуля» установить стрелку микроамперметра на нуль.

4. Установить необходимый предел измерений.

5. Зажим заземленного провода соединить с корпусом источника измеряемого напряжения, а щуп пробника — с точкой, потенциал которой нужно измерить. Если при измерении напряжения стрелка прибора отклоняется влево, то необходимо щуп отсоединить от измеряемой точки и изменить полярность прибора переключателем $П_2$.

Примечание. Воспрещается проводить любые переключения при поданном на вход прибора напряжении больше 300 В.

При работе на пределах 300—1000 В при измерениях более высоких напряжений с использованием высоковольтного пробника должны быть приняты все меры по технике безопасности. Кожух прибора необходимо надежно заземлить, для чего сзади прибора имеется специальная клемма. При использовании высоковольтного пробника необходимо следить за тем, чтобы ладонь находилась не ближе защитного ребра на его корпусе.

Величины измеряемого напряжения отсчитываются по шкале постоянных напряжений в соответствии с положением переключателя пределов измерения. При работе с высоковольтным пробником полученное значение дополнительно умножается на 10.

Измерение переменного напряжения

Измерение переменного напряжения частотой до 400 Гц производится аналогично измерению постоянного напряжения, с той лишь разницей, что щуп универсального пробника должен быть установлен в положение, при котором не видна красная риска, и переключатель $П_2$ установлен в положение «~ вольт».

Переменное напряжение частотой до 60 МГц измеряется с помощью высокочастотного пробника. При этом верхний предел измерения составляет 150 В. В остальном измерения производятся аналогично измерениям переменного напряжения частотой до 400 Гц.

При наличии наводок рекомендуется установить нуль, подсоединив пробник к обесточенной схеме, а затем включить ее и вести измерения.

Величина измеряемого напряжения отсчитывается по шкале переменных напряжений в соответствии с положением переключателя пределов измерений.

Измерение сопротивления постоянному току

Измерение сопротивления до 100 МОм. Для измерения сопротивления постоянному току необходимо:

1. Установить щуп универсального пробника в положение, при котором красная полоска не видна.

2. Поставить переключатель $П_2$ в положение «ом».

3. При замкнутых входных клеммах щуп — земля ручкой «установка нуля» установить стрелку на нуль.

4. При разомкнутых входных клеммах щуп — земля ручкой «калибровка RCL» установить стрелку прибора на «∞».

Примечание. Операции 3 и 4 повторить несколько раз до точного совпадения стрелки с делением «0» и «∞» при замыкании и размыкании входных клемм.

5. Подключить щуп универсального пробника и земляной зажим к измеряемому сопротивлению.

6. Установить переключатель пределов измерения в положение, соответствующее удобному отсчету по шкале стрелочного прибора.

Величина измеряемого сопротивления определяется произведением показаний шкалы омов на множитель, установленный переключателем пределов измерения.

Измерение сопротивления свыше 100 МОм. Для измерения большого сопротивления (от 100 до 500 000 МОм) необходимо иметь источник постоянного напряжения 100—1000 В в зависимости от величины измеряемого сопротивления.

При измерении больших сопротивлений прибор ВК7-3 применяется как вольтметр для измерения постоянного напряжения. При этом сначала измеряется напряжение источника постоянного тока E. Затем щуп универсального пробника подключают к источнику через измеряемое сопротивление и снимают показания прибора U.

Величина сопротивления определяется по формуле

$$R_x = 11 \frac{E - U}{U} \text{ МОм}.$$

Измерение емкости конденсаторов

Емкости, величина которых больше 10^{-5} мкФ, подключаются к прибору с помощью универсального пробника при установке щупа в положение, при котором красная риска не видна. Емкости менее 10^{-5} мкФ подключаются непосредственно к входным гнездам прибора.

Для измерения емкости необходимо:

1. Установить переключатель $П_2$ в положение «+вольт».

2. Установить переключатель пределов измерения $П_3$ в положение «1 В».

3. При замкнутых накоротко входных клеммах ручкой «установка нуля» установить стрелку прибора на нуль по шкале постоянного напряжения.

4. Установить переключатель в положение «CL».

5. Установить переключатель пределов измерения в одно из начальных положений (не выше 10^4).

6. Ручкой «калибровка RCL» установить стрелку прибора (при разомкнутых входных клеммах) на нуль по шкале емкостей (μF × 100).

7. Подключить исследуемый конденсатор к прибору.

8. Установить переключатель пределов измерения в положение, соответствующее удобному отсчету по шкале стрелочного прибора.

Величину измеренной емкости определяют делением показаний прибора по шкале емкостей на коэффициент, установленный переключателем пределов измерения.

При измерении емкостей в пределах измерения 10^{-6} стрелку прибора на нулевую риску по шкале емкостей не устанавливают. Показания прибора после переключения (п. 6) соответствуют собственной входной емкости прибора и их следует учитывать. Величину измеренных емкостей на этом пределе определяют вычитанием от полученного результата собственной емкости прибора.

Примечание. Шкала прибора градуируется при питании моста переменным напряжением частотой 50 Гц.

При внутреннем питании измерительного моста и питании прибора от сети 400 Гц значения емкости, найденные по шкале прибора, следует разделить на 8.

Измерение емкости при использовании внешнего источника для питания измерительного моста. При небольших колебаниях и несинусоидальной форме напряжения сети более точные результаты можно получить при питании измерительного моста от внешнего источника переменного напряжения 9 ± 0,2 В.

Для этого на задней панели прибора (рис. 46, *б*) необходимо поставить перемычку в гнезда K_1 и K_3, а к гнезду K_2 и винту *В* подвести напряжение от внешнего источника. Величину измеренной емкости при этом определяют умножением значения емкости, найденного по шкале прибора, на коэффициент $50/F$ (F — частота питающего напряжения).

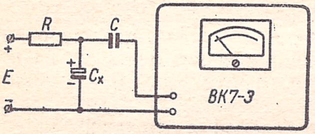


Рис. 48. Схема измерения емкости электролитического конденсатора.

Примечание. Шкала прибора отградуирована при питании измерительного моста напряжением с незначительными искажениями формы синусоидальной кривой.

С увеличением нелинейных искажений до 5% погрешности измерений возрастают до 15% и выше.

Измерение емкости электролитических конденсаторов. При измерении емкости электролитический конденсатор C_x подключают к прибору по схеме рис. 48. При этом величины C и R определяют по ориентировочному значению емкости конденсатора C_x из соотношений

$$R \geqslant \frac{10}{\omega C_x} \text{ и } C = \frac{C_x}{10},$$

где R — сопротивление, кОм; C — емкость, мкФ.

Конденсатор должен быть хорошего качества.

Напряжение источника постоянного тока E должно соответствовать рабочему напряжению электролитического конденсатора.

Величину измеренной емкости определяют по прибору с дальнейшим пересчетом по формуле

$$C_x = \frac{CC_п}{C - C_п},$$

где C — емкость конденсатора; $C_п$ — емкость, определенная по прибору.

Измерение индуктивности

Непосредственно прибором ВК7-3 при питании от сети частотой 50 Гц можно измерять индуктивности более 0,1 Г.

Для измерения индуктивностей необходимо:

1. Установить переключатель $П_2$ в положение «+вольт».
2. Установить переключатель пределов измерения $П_3$ в положение «1 В».
3. При замкнутых входных клеммах (щуп — земля) ручкой «установка нуля» установить стрелку прибора на нуль по шкале постоянных напряжений.
4. Установить переключатель $П_2$ в положение «CL».
5. Установить переключатель пределов измерения $П_3$ в одно из начальных положений (не выше 10^4).
6. При разомкнутых входных клеммах ручкой «калибровка RCL» установить стрелку прибора на «∞» по шкале омов.
7. Подключить к измеряемой катушке щуп универсального пробника и земляной зажим.
8. Установить переключатель пределов измерения в положение, соответствующее удобному отсчету по шкале стрелочного прибора.

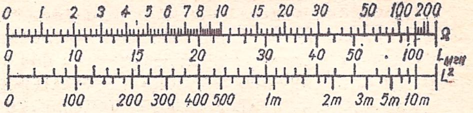


Рис. 49. Шкала для определения величины индуктивности.

Величину измеренной индуктивности отсчитывают по шкале омов прибора с переводом по шкале на планшете (рис. 49) в съемной крышке. Величину искомой индуктивности находят на шкале «L» на планшете против значения по шкале «Ω».

Для определения точного значения индуктивности после определения индуктивности L, как указывалось выше, необходимо измерить сопротивление обмотки катушки R_L.

Более точные значения индуктивности (особенно, если активное сопротивление обмотки катушки соизмеримо с ее реактивным сопротивлением) получают при расчете по формуле

$$L_x^2 = \left[1 + \frac{2R_L}{R_{эт}}\right] L^2 - \frac{R_L^2}{\omega^2}$$

с дальнейшим переводом по шкале на планшете.

Сопротивление $R_{эт}$ имеет по диапазонам следующие значения:

100 Ом . . . . на диапазоне 10
1000 Ом . . . . » » 10^2
10^4 Ом . . . . » » 10^3
и т. д.

Измерение индуктивности при использовании внешнего источника для питания измерительного моста. Для измерения индуктивностей, меньших 0,1 Г, измерительный мост необходимо питать напряжением повышенных частот. Например, при питании моста от генератора звуковой частоты типа ГЗ-2 напряжением частотой 20 000 Гц можно измерять индуктивность от 250 мкГ.

Источник внешнего напряжения подключают к клеммам K_2 и B прибора (рис. 46, *б*), а перемычку устанавливают в клеммы K_1 и K_3. При этом выходное сопротивление генератора влияет на увеличение погрешности измерения. Чтобы исключить это влияние, необходимо:

1. Установить нуль прибора (пп. 1—3).

2. Подключить параллельно выходу генератора (если в генераторе нет измерителя выходного напряжения) вольтметр переменного напряжения (например, тестер).

3. Установить по нему напряжение генератора 9 В при разомкнутых входных клеммах прибора и установить стрелку прибора на «∞» по шкале омов ручкой «калибровка RCL».

4. Подключить измеряемую катушку и довести напряжение генератора до 9 В.

5. Произвести отсчет индуктивности.

Примечание. При измерении малых индуктивностей катушку подключают непосредственно к входным гнездам прибора.

Многопредельные приборы Ц-51 и Ц-51Т

Предназначены для измерения постоянного тока и напряжения, переменного тока, сопротивления постоянному току, уровня передачи.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения:

постоянного тока 1 мкА — 1,5 А;

постоянного напряжения 30 мВ — 600 В, с дополнительным делителем напряжения типа Р516 — до 7,5 кВ;

переменного тока 0,5 мА — 15 А, с дополнительным трансформатором тока типа И501 до 30А;

переменного напряжения 0,5 — 600 В, с дополнительным сопротивлением типа Р515 — 6 кВ;

сопротивления постоянному току 1 Ом — 30 МОм;

уровня передачи от —3,8 до +57,9 дБ.

2. Основная погрешность прибора не превышает при измерениях на постоянном токе ±1,5% и при измерениях на переменном токе ±2,5%. В зависимости от характера и пределов измеряемого сигнала величину погрешности определяют по табл. 31.

31. Погрешности измерения на переменном токе

Пределы измерения	Диапазон частот от 45 Гц до, Гц	Погрешность измерения, %	Расширенная область		Погрешность на частотах до 10 кГц, %
			Частоты до, кГц	Погрешность, %	
3—150 мА	1500	1,5	5	3	5
1,5—15 А	1500	2,5		5	10
3 А	10000	5,5	10	5,5	5,5
7,5—15 В	1500	1,5		3	3
30 В	500	1,5	1,5	3	10
75—300 В	55	1,5		3	10
600 В	55	2,5		5	—
6 кВ	55	4,0	0,5	8	—

3. Внутреннее сопротивление вольтметра 20 000 Ом/В на постоянном токе, 2000 Ом/В — на переменном токе.

4. При измерении сопротивлений до 1 МОм источником питания служит сухой элемент типа 1КС-У-3 1,5 В, установленный внутри прибора.

Для измерения больших сопротивлений источников питания служат четыре батареи сухих элементов типа КБС-Х-0,55 или КБС-Л-0,5, установленные внутри прибора.

5. Прибор Ц-51 применяется при температуре окружающей среды от 0 до 40°С и относительной влажности до 80%, прибор Ц-51Т — при температуре от —10 до +45° С и относительной влажности до 98%.

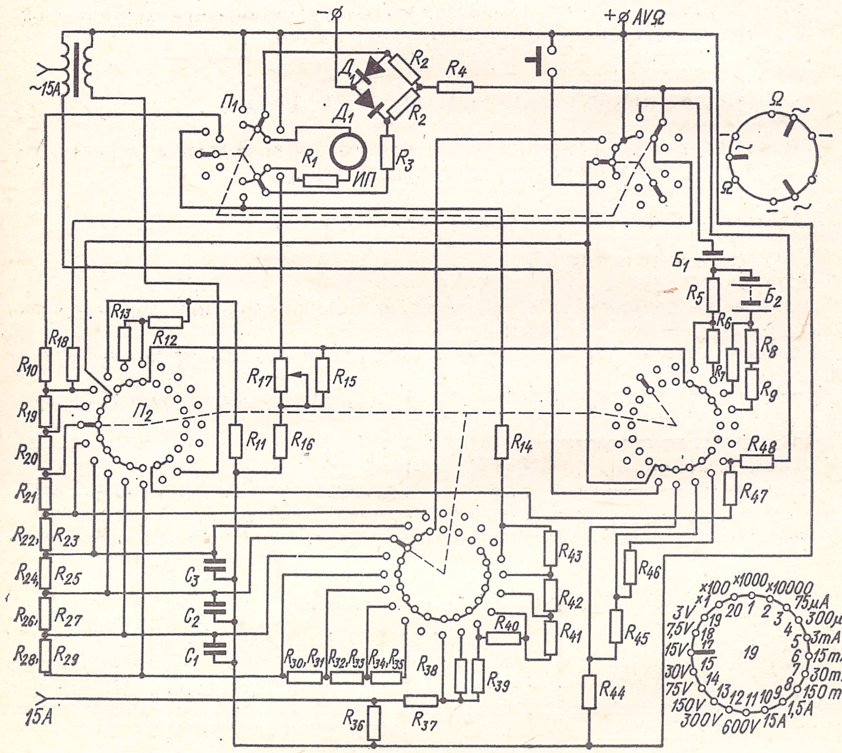

−
+ AVΩ
~15A
П1
Д1
R2
R4
Д1
R2
R1
ИП
R3
Ω
~
~
Ω
–
~
Б1
R5
Б2
R6
R8
R7
R9
R13
R12
R18
R10
R19
П2
R17
R15
R20
R11
R16
R14
R48
R21
R47
R22, R23
R43
C3
R46
R24, R25
R42
C2
R26, R27
R40
R41
R45
C1
R28, R29
R30, R31
R32, R33
R34, R35
R38
R39
R44
15A
R36
R37
×100 ×1000 ×10000
×1
3V
75μA
20 1 2 3
7,5V
19
300μA
4
18
5
3mA
15V
17
6
15mA
19
30V
15
7
30mA
14
8
75V
150mA
13 12 11 10 9
150V
1,5A
300V
600V
15A

Рис. 50. Принципиальная схема прибора Ц-51.

Схема прибора

Прибор Ц-51 собран по схеме (рис. 50), позволяющей измерять постоянный ток и напряжение, переменный ток и напряжение и сопротивление постоянному току.

В схему измерения постоянного тока (рис. 51, *а*) входит микроамперметр *ИП* с шунтами R_{36}—R_{43}. Амперметром прибор Ц-51 включается переключателями $П_1$ и $П_2$, ручки которых выведены на переднюю панель. Пределы измерения изменяются переключателем пределов $П_2$.

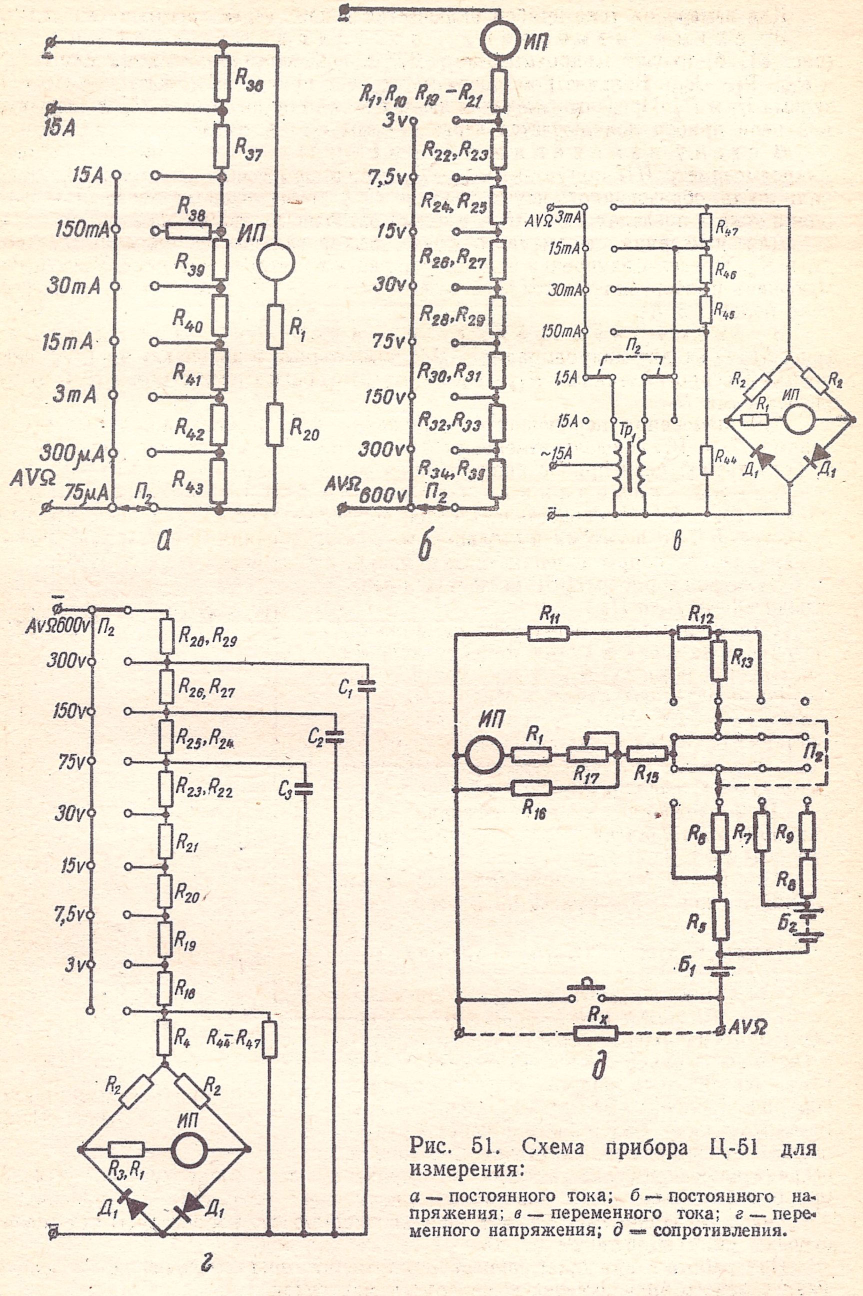

15A
R36
R37
15A
150mA
R38
ИП
R39
30mA
R40
15mA
R41
3mA
R42
300μA
R43
AVΩ
75μA
П2
R1
R20
а
ИП
R1, R10 R19 – R21
3v
R22, R23
7,5v
R24, R25
15v
R26, R27
30v
R28, R29
75v
R30, R31
150v
R32, R33
300v
R34, R35
AVΩ 600v
П2
б
AVΩ 3mA
15mA
30mA
150mA
1,5A
15A
~15A
П2
Тр1
R47
R46
R45
R44
R2
R2
R1
ИП
Д1
Д1
в
AVΩ 600v
П2
300v
150v
75v
30v
15v
7,5v
3v
R28, R29
R26, R27
R25, R24
R23, R22
R21
R20
R19
R18
R4
R44–R47
C1
C2
C3
R2
R2
ИП
R3, R1
Д1
Д1
г
R11
R12
R13
ИП
R1
R17
R15
R16
П2
R6
R7
R9
R8
R5
Б1
Б2
Rx
AVΩ
д

Рис. 51. Схема прибора Ц-51 для измерения:

а — постоянного тока; *б* — постоянного напряжения; *в* — переменного тока; *г* — переменного напряжения; *д* — сопротивления.

Для измерения тока прибор включается в цепь через клеммы «—» и «AVΩ».

В схему измерения постоянного напряжения (рис. 51, *б*) входит микроамперметр *ИП* с добавочными сопротивлениями R_1 и R_{10}, R_{19}—R_{35}. Вольтметром постоянного тока прибор включается переключателями $П_1$ и $П_2$. Пределы измерения изменяются переключателем $П_2$. К исследуемой цепи прибор подключается через клеммы «—» и «AVΩ».

В схему измерения переменного тока (рис. 51, *в*) входит микроамперметр *ИП* с шунтами R_{44}—R_{47}. Микроамперметр включается в диагональ моста, образованного двумя диодами $Д_1$ и двумя резисторами R_2. При измерении тока в пределах 1,5 и 15 А в схему включается трансформатор тока $Тр_1$.

Для измерения переменного тока прибор включается переключателями $П_1$ и $П_2$. Пределы измерений изменяются переключателем пределов. В исследуемую цепь прибор включается через клеммы «—», «AVΩ» или «—», «~15А» (при токе более 1,5 А).

В схему измерения переменного напряжения (рис. 51, *г*) входит микроамперметр *ИП*, включенный в диагональ моста, с добавочными сопротивлениями R_{18}—R_{29}. Мост образован двумя диодами $Д_1$ и двумя резисторами R_2.

Для измерения переменного напряжения прибор включается переключателями $П_1$ и $П_2$. Пределы измерения изменяются переключателем пределов $П_2$. К исследуемой цепи прибор подключается через клеммы «—», «AVΩ».

Схема измерения сопротивления постоянному току (рис. 51, *д*) представляет собой последовательное соединение микроамперметра *ИП* (с шунтами и добавочными сопротивлениями), источника питания и измеряемого сопротивления, подключаемого к клеммам «—» и «AVΩ».

Омметром прибор Ц-51 включается переключателями $П_1$ и $П_2$.

Для компенсации изменения напряжения источника питания в схему омметра включен переменный резистор R_{17}, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «установка нуля Ω». Нуль устанавливается при замкнутых контактах кнопки (на передней панели «проверка нуля Ω»). Пределы измерения изменяются переключателем пределов $П_2$.

При измерении уровня передачи схема прибора представляет собой схему вольтметра переменного напряжения.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ц-51 приведена в табл. 32.

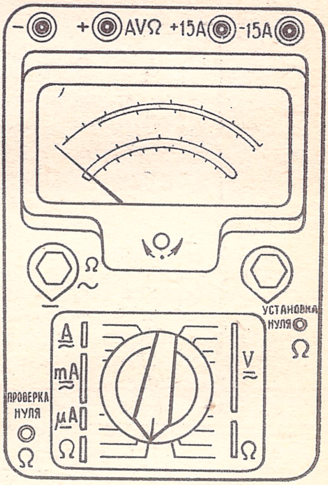


Рис. 52. Вид передней панели прибора Ц-51.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 52). В комплект прибора входят соединительные провода с различными сменными наконечниками и шунтами, два делителя напряжения и трансформатор тока. Прибор и все принадлежности хранятся в футляре. Подготовка прибора к работе сводится к выбору наконечников и щупов на соединительные провода. Рабочее положение прибора горизонтальное. Наклон прибора более чем на 10° значительно увеличивает погрешность измерения.

Перед измерениями следует (при необходимости) корректором установить стрелку микроамперметра на «0».

При работе с прибором запрещается изменять пределы измерения и переходить с одного вида измерения на другой под током.

32. Спецификация к принципиальной схеме прибора Ц-51

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	Проволочный	150 Ом	R_{30}	Проволочный	1,5 МОм
R_2, R_3	»	1200 Ом	R_{31}	ВС-0,25	30 кОм
R_4	»	2000 Ом	R_{32}	Проволочный	3 МОм
R_5	»	14 Ом	R_{33}	ВС-0,25	62 кОм
R_6	»	1486 Ом	R_{34}	Проволочный	6 МОм
R_7	»	28 800 Ом	R_{35}	ВС-0,25	120 кОм
R_8	»	288 кОм	R_{36}	Проволочный	0,01134 Ом
R_9	ВС-0,25	5,6 кОм	R_{37}	»	0,1020 Ом
R_{10}	Проволочный	5480 Ом	R_{38}	»	1,020 Ом
R_{11}	»	15 Ом	R_{39}	»	4,534 Ом
R_{12}	»	1315 Ом	R_{40}	»	5,668 Ом
R_{13}	»	385 Ом	R_{41}	»	45,34 Ом
R_{14}	»	1133 Ом	R_{42}	»	510 Ом
R_{15}	»	11 кОм	R_{43}	»	1700 Ом
R_{16}	»	3,4 кОм	R_{44}	»	6,434 Ом
R_{17}	Переменный	1800 Ом	R_{45}	»	25,74 Ом
R_{18}	Проволочный	4750 Ом	R_{46}	»	32,17 Ом
R_{19}	»	9 кОм	R_{47}	»	257,4 Ом
R_{20}	»	15 кОм	R_{48}	»	1608 Ом
R_{21}	»	30 кОм	C_1	КСО-2	30 пФ
R_{22}	»	90 кОм	C_2	КСО-2	27 пФ
R_{23}	ВС-0,25	1,8 кОм	C_3	КСО-2	51 пФ
R_{24}	Проволочный	150 кОм	Тр$_1$	Трансформатор	—
R_{25}	ВС-0,25	3 кОм			
R_{26}	Проволочный	300 кОм	ИП	Микроамперметр	42,5 мкА; 600 Ом
R_{27}	ВС-0,25	6,2 кОм			
R_{28}	Проволочный	600 кОм	Б$_1$	1КС-У-3	1,5 В
R_{29}	ВС-0,25	12 кОм	Б$_2$	—	18 В
			Д$_1$	ДГ-Ц10	—

Работа с прибором

Для измерения постоянного тока необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель пределов измерения установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения.
3. Переключатель рода работы установить в положение «—».
4. Соединительные провода подключить к клеммам «—» и «+15 А», если величина измеряемого тока больше 1,5 А, или к клеммам «—» и «+» при токе, меньшем 1,5 А, и включить в исследуемую цепь.
5. Величина измеренного тока определяется по шкале «—» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Для измерения постоянного напряжения необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель рода работы установить в положение «—».
3. Переключатель пределов измерения установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения.
4. Соединительные провода подключить к клеммам «—» и «AVΩ» и к исследуемой схеме.

Величину измеренного напряжения определяют по шкале «—» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

На пределе 7,5 кВ измерять можно только в том случае, если цепь, в которой измеряется напряжение, допускает заземление одного полюса.

Измерение производится при подключении к зажимам прибора «—» и «AVΩ» соединительных проводов от делителя напряжения типа Р516. Провод, обозначенный «0», нужно подключить к зажиму прибора «—», а провод с обозначением «1» — к зажиму «AVΩ». Переключатель пределов измерения должен быть установлен в положение «15V».

Зажим на наконечнике соединительного провода (делителя напряжения), обозначенного «0», соединить с заземляющим устройством и минусом цепи. При таком включении щуп делителя напряжения необходимо подключить к положительному полюсу цепи, а отрицательный полюс цепи и провод с обозначением «0» — заземлить. Если цепь имеет заземленный положительный полюс, то включение прибора должно быть обратным.

Для измерения переменного тока необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель рода работы установить в положение «~».
3. Переключатель пределов измерения установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения.
4. Соединительные провода подключить к клеммам «—» и «~15 А», если величина измеряемого тока больше 1,5 А, или к клеммам «—» и «AVΩ»,— если меньше 1,5 А, и включить в исследуемую цепь.

Величина измеренного тока определяется по шкале «~» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Кроме пределов измерения (переменного тока), указанных на приборе, можно получить пределы 6 и 30 А. Для этой цели применяют трансформатор типа И501. Клеммы трансформатора с маркировкой «15 mA» соединяются с клеммами прибора, маркированными «—» и «AVΩ». Переключатель пределов измерения на приборе должен быть установлен в положение «15 mA».

Трансформатор в исследуемую цепь при токе 6 А включается через клеммы с маркировкой «*» и «6А»; при токе 30 А — «*» и «30А».

Для измерения переменного напряжения необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель рода работы установить в положение «~».
3. Переключатель пределов измерения установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения.
4. Соединительные провода подключить к клеммам «—» и «AVΩ» и к исследуемой схеме.

Величина измеренного напряжения определяется по шкале «~» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Напряжение на пределе 6 кВ измеряется при подключении к зажимам прибора, маркированным «—» и «AVΩ», соединительных проводов от делителя напряжения типа Р15. При этом переключатель пределов измерения прибора должен быть установлен в положение «15 V». Провод с обозначением «0» и один полюс схемы должны быть заземлены.

Для измерения сопротивления постоянному току необходимо:

1. Убедиться в наличии сухого элемента и батарей в отсеке под нижней крышкой прибора.
2. Подготовить прибор к работе.
3. Переключатель рода работы установить в положение «Ω».
4. Переключатель пределов измерения установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения.
5. Соединительные провода подключить к клеммам «—» и «AVΩ».
6. Нажать кнопку «проверка нуля Ω» и ручкой «установка нуля Ω» установить стрелку микроамперметра на «0» по шкале «Ω».

Если не удастся установить стрелку микроамперметра на «0», следует сменить элемент или батарею.

7. Соединительные провода подключить к исследуемому сопротивлению.

8. Величину измеренного сопротивления определить по шкале «Ω» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

9. После окончания работы с омметром прибор следует переключить в любое другое положение (для увеличения срока сохранения элемента и батарей).

Измерение уровней передачи. Для определения абсолютного уровня (относительно напряжения $U = 0{,}775$ В) необходимо измерить величину переменного напряжения, а затем по табл. 33 определить уровень передачи.

33. Значение абсолютных уровней передач для напряжений, соответствующих числовым значениям шкалы прибора

Предел измерения, В	Отметка шкалы	Напряжение, В	Абсолютный уровень, дБ	Предел измерения, В	Отметка шкалы	Напряжение, В	Абсолютный уровень, дБ
3	5	0,5	−3,8	75	5	12,5	+24,2
	10	1,0	+2,2		10	25,0	+30,2
	15	1,5	+5,7		15	37,5	+33,7
	20	2,0	+8,2		20	50,0	+36,2
	25	2,5	+10,2		25	62,5	+38,1
	30	3,0	+11,8		30	75,0	+39,7
7,5	5	1,25	+4,2	150	5	25	+30,2
	10	2,50	+10,2		10	50	+36,2
	15	3,75	+13,7		15	75	+39,7
	20	5,00	+16,2		20	100	+42,2
	25	6,25	+18,1		25	125	+44,2
	30	7,50	+19,7		30	150	+45,7
15	5	2,5	+10,2	300	5	50	+36,2
	10	5,0	+16,2		10	100	+42,2
	15	7,5	+19,7		15	150	+45,7
	20	10,0	+22,2		20	200	+48,2
	25	12,5	+24,2		25	250	+50,2
	30	15,0	+25,7		30	300	+51,8
30	5	5,0	+16,2	600	5	100	+42,2
	10	10,0	+22,2		10	200	+48,2
	15	15,0	+25,7		15	300	+51,8
	20	20,0	+28,2		20	400	+54,2
	25	25,0	+30,2		25	500	+56,4
	30	30,0	+31,8		30	600	+57,9
				6000	5	1000	+62,20
					10	2000	+68,24
					15	3000	+71,76
					20	4000	+74,26
					25	5000	+76,20
					30	6000	+77,80

Если необходимо измерить относительный уровень, следует, измерив величины напряжений U_1 и U_2, найти по табл. 33 их абсолютный уровень. Относительный уровень передачи определится разностью абсолютных уровней.

Многопредельный прибор Ц-52

Предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, сопротивления постоянному току, переменного тока и напряжения частотой от 45 до 1000 Гц, емкости конденсаторов, уровня передачи.

Прибор Ц-52 полностью заменяет многопредельные приборы ТТ-1, ТТ-2, АВО-5 и АВО-5М и может быть применен в лабораторных, цеховых и полевых условиях.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения:

постоянного тока 5 мкА — 1,5 А, с дополнительным шунтом типа Р154 — до 30 А;

постоянного напряжения 2,5 мВ — 600 В, с дополнительным делителем напряжения типа Р516 — до 7,5 кВ;

переменного тока 0,3 мА — 1,5 А, с дополнительным трансформатором тока типа И501 — до 30 А;

переменного напряжения 0,3 — 600 В, с дополнительным сопротивлением типа Р515 — до 6 кВ;

сопротивления постоянному току 5 Ом — 10 МОм;

емкости конденсаторов 5000 пФ — 10 мкФ;

уровня передачи от —10 до +12 дБ.

2. Основная погрешность прибора не превышает при измерениях на постоянном токе ±1,5% и при измерениях на переменном токе ±2,5%.

3. Внутреннее сопротивление вольтметра 20000 Ом/В на постоянном токе; 2000 Ом/В на переменном токе и 1000 Ом/В для пределов 3 и 7,5 В переменного тока.

4. При измерении сопротивлений до 1 МОм источником питания служит сухой элемент типа ФБС-0,25 (1,5 В), установленный внутри прибора.

Для измерения больших сопротивлений необходим внешний источник постоянного тока с номинальным напряжением 16,5—19,5 В (максимальный ток, отбираемый от источника, равен 0,09 мА).

5. Для измерения емкости необходим внешний источник переменного тока частотой 50 Гц с номинальным напряжением 190—240 В (максимальный ток, отбираемый от источника, равен 15 мА).

Вход прибора — через стандартные клеммы — гнезда.

Прибор применяется при температуре окружающей среды от —10 до +40° С и относительной влажности до 80%.

Схема прибора

В принципиальную схему прибора Ц-52 (рис. 53) входят схемы измерения постоянного тока, постоянного напряжения, переменного тока, переменного напряжения, сопротивления постоянному току и емкости конденсаторов.

Схема измерения постоянного тока (рис. 54, *а*) состоит из микроамперметра *ИП* с шунтами R_1—R_{11}. Амперметром прибор Ц-52 включается переключателями $П_1$ и $П_2$, ручки которых выведены на переднюю панель. Пределы измерения изменяются переключателем пределов $П_2$. В цепь измеряемого тока прибор включается через клеммы «—» и «+».

Схема измерения постоянного напряжения (рис. 54, *б*) состоит из микроамперметра *ИП* с добавочными сопротивлениями R_{23}—R_{30}, R_{41}, R_{42}, R_{44}—R_{46}, R_{48}, R_{49}. Вольтметром постоянного тока прибор включается переключателями $П_1$ и $П_2$. Пределы измерения изменяются переключателем $П_2$. К исследуемой цепи прибор подключается через клеммы «—» и «+».

Схема измерения переменного тока (рис. 54, *в*) состоит из микроамперметра *ИП* с шунтами R_1—R_9. Микроамперметр включается в диагональ моста, образованного диодами $Д_1$, $Д_2$ и резисторами R_{20}, R_{21}.

Для измерения переменного тока прибор включается переключателями $П_1$ и $П_2$. Пределы измерения изменяются переключателем пределов $П_2$. В исследуемую цепь прибор включается через клеммы «—» и «+».

Схема измерения переменного напряжения (рис. 54, *г*) состоит из микроамперметра *ИП*, включенного в диагональ моста, с добавочными сопротивлениями R_{33}, R_{24}, R_{49} R_{25}, R_{48}, R_{44}, R_{26}, R_{46}, R_{27}, R_{34}, R_{43}. На шкале 3 и 7,5 В схема измерения переменного напряжения представляет собой схему измерения переменного тока (рис. 54, *в*) с дополнительными сопротивлениями R_{31}, R_{32}. Мост образован двумя диодами $Д_3$ и $Д_4$ (рис. 54, *г*) и двумя резисторами R_{20}, R_{21}.

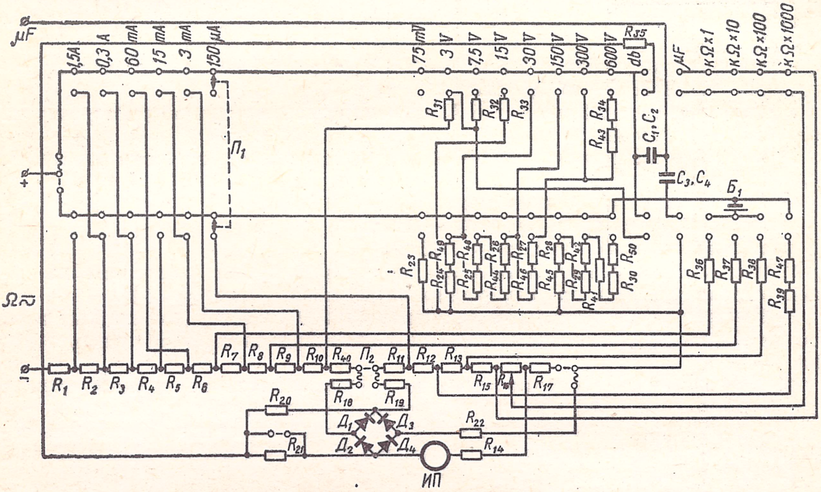

μF
1,5A
0,3 A
60 mA
15 mA
3 mA
150 μA
75 mV
3 V
7,5 V
15 V
30 V
150 V
300 V
600 V
db
R35
μF
kΩ×1
kΩ×10
kΩ×100
kΩ×1000
П1
R31
R32
R33
R34
R43
C1, C2
C3, C4
Б1
+
Ω≂
—
R23
R24
R49
R25
R48
R44
R26
R46
R27
R28
R45
R42
R29
R41
R30
R50
R36
R37
R38
R47
R39
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R40
П2
R11
R12
R13
R15
R16
R17
R18
R19
R20
R21
R22
R14
Д1
Д2
Д3
Д4
ИП

Рис. 53. Принципиальная схема прибора Ц-52.

Пределы измерения изменяются переключателем пределов $П_2$. К исследуемой цепи прибор подключается через клеммы «—» и «+».

Для измерения переменного напряжения прибор включается переключателями $П_1$ и $П_2$.

Диоды $Д_1$ и $Д_2$ с универсальным шунтом на работу прибора существенного влияния не оказывают. Такая схема упрощает схему коммутации прибора.

Схема измерения сопротивления постоянному току (рис. 54, *д*) представляет собой последовательное соединение микроамперметра *ИП* (с шунтами и добавочными сопротивлениями), источника питания $Б_1$ и измеряемого сопротивления, подключаемого к клеммам «—» и «+».

Омметром прибор Ц-52 включается переключателями $П_1$ и $П_2$.

Для компенсации изменения напряжения источника последовательно с микроамперметром включен переменный резистор R_{16}, ручка которого на передней панели обозначена «установка нуля Ω».

Пределы измерения изменяются переключателем пределов $П_2$. При измерениях на пределе до 10 МОм внешний источник питания подключается последовательно с измеряемым сопротивлением.

Схема измерения емкости конденсатора приведена на рис. 54, *е*. Емкости образцовых конденсаторов C_1, C_2 и C_3, C_4 подобраны так, что при подведенном к клеммам напряжении 220 В частотой 50 Гц стрелка прибора отклоняется на всю шкалу. Измеряемая емкость шунтирует прибор, уменьшая ток через него.

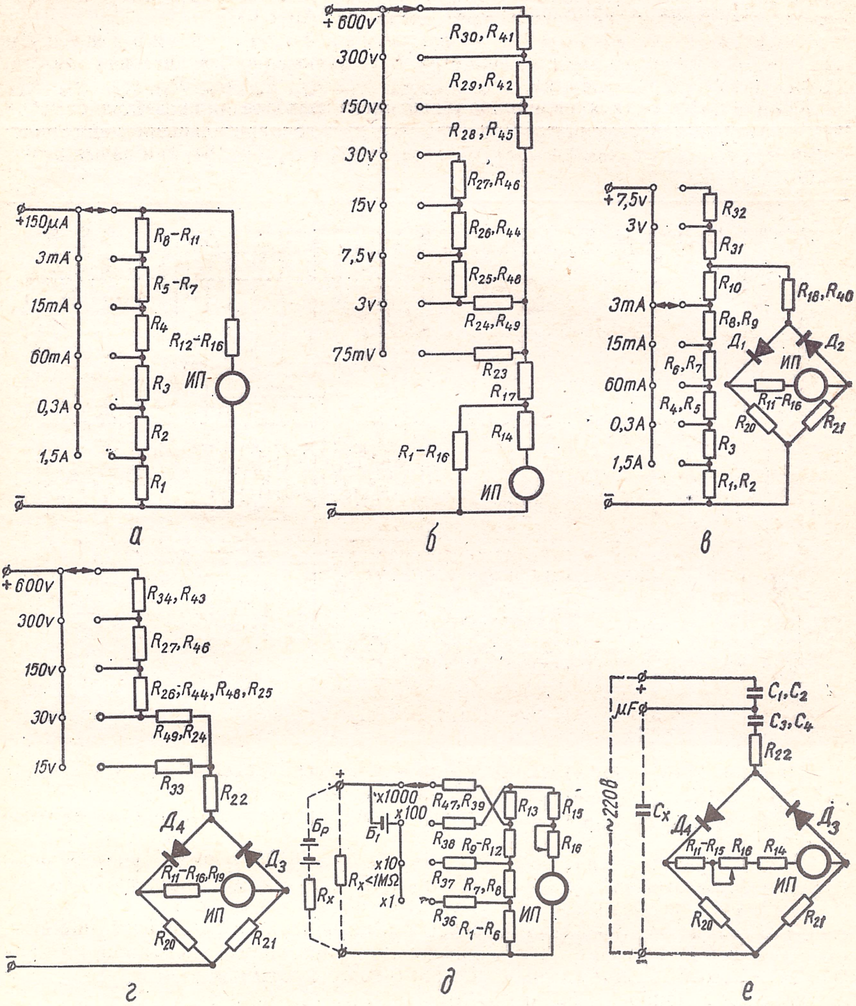

+150μA
3mA
15mA
60mA
0,3A
1,5A
R8–R11
R5–R7
R4
R3
R2
R1
R12÷R16
ИП
а
+600v
300v
150v
30v
15v
7,5v
3v
75mV
R30, R41
R29, R42
R28, R45
R27, R46
R26, R44
R25, R48
R24, R49
R23
R17
R14
R1–R16
ИП
б
+7,5v
3v
3mA
15mA
60mA
0,3A
1,5A
R32
R31
R10
R8, R9
R6, R7
R4, R5
R3
R1, R2
R18, R40
Д1
Д2
ИП
R11–R16
R20
R21
в
+600v
300v
150v
30v
15v
R34, R43
R27, R46
R26; R44, R48, R25
R49, R24
R33
R22
Д4
Д3
R11–R16, R19
ИП
R20
R21
г
+
Бр
Rx
Б1
x1000
x100
x10
x1
Rx<1MΩ
R47, R39
R38
R9–R12
R37
R7, R8
R36
R1–R6
R13
R15
R16
ИП
д
+
μF
~220В
Cx
C1, C2
C3, C4
R22
Д4
Д3
R11–R15
R16
R14
ИП
R20
R21
е

Рис. 54. Схема прибора Ц-52 для измерения:
а — постоянного тока; *б* — постоянного напряжения; *в* — переменного тока; *г* — переменного напряжения; *д* — сопротивления; *е* — емкости конденсаторов.

Прибор включается переключателями $П_1$ и $П_2$. Внешний источник питания подключается к клеммам «—» и «+». Для компенсации изменения напряжения источника последовательно с микроамперметром включен переменный резистор R_{16}, ручка которого на передней панели обозначена «установка нуля Ω».

При измерении уровня передачи схема прибора представляет собой схему вольтметра с пределом измерения 3 В. Прибор включается переключателями $П_1$ и $П_2$. При этом входное сопротивление прибора становится равным примерно 600 Ом за счет подключения параллельно входным клеммам резистора R.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ц-52 приведена в табл. 34.

34. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ц-52

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	Проволочный	0,18 Ом	R_{33}	Проволочный	28,5 кОм
R_2	»	0,72 Ом	R_{34}	Р701а	600 кОм
R_3	»	3,6 Ом	R_{35}	Проволочный	750 Ом
R_4	»	13,5 Ом	R_{36}	»	173 Ом
R_5	»	4,5 Ом	R_{37}	»	1750 Ом
R_6	»	11,5 Ом	R_{38}	»	19,52 Ом
R_7	»	56 Ом	R_{39}, R_{47}	Р701а	205,5 Ом
R_8	»	250 Ом	R_{40}	Проволочный	40 Ом
R_9	»	110 Ом	R_{41}	ВС-0,25	Подбор к R_{30}
R_{10}	»	900 Ом	R_{42}	ВС-0,25	» » R_{29}
R_{11}	»	200 Ом	R_{43}	ВС-0,25	» » R_{34}
R_{12}	»	1033 Ом	R_{44}	ВС-0,25	» » R_{26}
R_{13}	»	567 Ом	R_{45}	ВС-0,25	» » R_{28}
R_{14}	»	350 Ом	R_{46}	ВС-0,25	» » R_{27}
R_{15}	»	420 Ом	R_{48}	ВС-0,25	» » R_{39}
R_{16}	»	1700 Ом	R_{49}	Проволочный	29,4 кОм
R_{17}	»	660 Ом	R_{50}	Р701а	3 МОм
R_{18}, R_{19}	»	350 Ом	C_1	КБГ-М2	0,1 мкФ
R_{20}, R_{21}	»	590 Ом	C_2	КСО-5	Подбор к C_1
R_{22}	»	350 Ом	C_3	КСО-5	6200 пФ
R_{23}	»	300 Ом	C_4	КСО-2	Подбор к C_3
R_{24}	»	29,4 кОм	*ИП*	Микроамперметр	49 мкА; 500 Ом
R_{25}	Р701а	90 кОм			
R_{26}	»	150 кОм	*Д*$_1$	ДГ-Ц10	—
R_{27}	»	300 кОм	*Д*$_2$	ДГ-Ц10	—
R_{28}—R_{30}	»	3 МОм	*Д*$_3$	ДГ-Ц10	—
R_{31}	Проволочный	2325 Ом	*Д*$_4$	ДГ-Ц10	—
R_{32}	»	4500 Ом	*Б*$_1$	ФБС-0,25	—

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 55). В комплект прибора входят соединительные провода с различными сменными наконечниками и щупами.

При специальной комплектации дополнительно к прибору придаются два делителя напряжения, шунт и трансформатор тока. Прибор и все принадлежности хранят в футляре.

Подготовка прибора к работе сводится к выбору наконечников и щупов на соединительные провода. Рабочее положение прибора горизонтальное. Наклон прибора более чем на 10° приводит к значительному увеличению погрешностей измерения.

Перед измерениями следует (при необходимости) корректором установить стрелку микроамперметра на «0».

При пользовании прибором запрещается изменять пределы измерения и переходить с одного вида измерения на другой под током.

Работа с прибором

Для измерения постоянного тока необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель пределов измерений установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения (против обозначений «A, mA, μA»).

3. Переключатель рода работы установить в положение «$\overline{\Omega}$».

4. Соединительные провода подключить к клеммам «—» и «+» и включить в исследуемую цепь.

Величину измеренного тока определяют по шкале «V ≃, A—» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Для измерения постоянного напряжения необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель рода работы установить в положение «$\overline{\Omega}$».

3. Переключатель пределов измерения установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения (против обозначений «V, mV»).

4. Соединительные провода подключить к клеммам «—» и «+» и к исследуемой схеме.

Величину измеренного напряжения определяют по шкале «V≃, A—» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Для измерения переменного тока необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель рода работы установить в положение «$\mu\widetilde{F}$».

3. Переключатель пределов измерения установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения (против обозначения «A, mA»).

4. Соединительные провода подключить к клеммам «—» и «+» и к исследуемой цепи.

Величину измеренного тока определяют по шкале «A ~» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

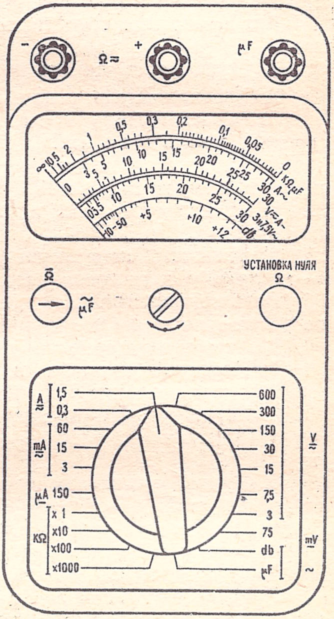


Рис. 55. Вид передней панели прибора Ц-52.

Для измерения переменного напряжения необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель рода работы установить в положение «$\mu\widetilde{F}$».

3. Переключатель пределов измерения установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения (против обозначения «V, mV»).

4. Соединительные провода подключить к клеммам «—» и «+» и к исследуемой схеме.

Величину измеренного тока определяют по шкале «V ≃, A—» или «3 и 7,5 V ~» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Для измерения сопротивлений постоянному току до 1 МОм необходимо:

1. Убедиться в наличии сухого элемента в отсеке под задвижкой в нижней стенке прибора. Вывод центрального электрода элемента должен быть соединен с нижним контактом (+).

2. Подготовить прибор к работе.

3. Переключатель рода работы установить в положение «$\overline{\Omega}$».

4. Переключатель пределов измерения установить в положение, соответствующее выбранному измерению против обозначения «kΩ» (кроме «× 1000»).

5. Соединительные провода подключить к клеммам «—» и «+» и, замкнув их, ручкой «установка нуля Ω» установить стрелки микроамперметра на «0» по шкале «kΩ, μF». Если на пределе «× 1» не удается установить стрелку микроамперметра на «0», следует сменить элемент ФБС.

6. Разомкнув соединительные провода, подключить их к исследуемому сопротивлению.

7. Величину измеренного сопротивления определить по шкале «kΩ, μF» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

8. После окончания работы с омметром прибор следует переключить в любое другое положение (для увеличения срока сохранения элемента ФБС).

Для измерения сопротивлений постоянному току, больших 1 МОм, необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель рода работы установить в положение «Ω̄».

3. Переключатель пределов измерения установить в положение «× 100» (против обозначения «kΩ»).

4. Подключить к клеммам «—» и «+» внешний источник постоянного тока напряжением от 15,5 до 19,5 В (соблюдая полярность).

5. Ручкой «установка нуля Ω» установить стрелку микроамперметра на «0» по шкале «kΩ, μF».

6. Включить измеряемое сопротивление между одной из клемм прибора «—» или «+» и полюсом внешнего источника.

Величину измеренного сопротивления определяют по шкале «kΩ, μF» (непосредственно в МОм).

Для измерения емкости конденсатора необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель рода работы установить в положение «μF̃».

3. Переключатель пределов измерения установить в положение «μF».

4. Подключить к клеммам «—» и «+» источник переменного тока напряжением от 190 до 240 В.

5. Ручкой «установка нуля Ω» установить стрелку микроамперметра на «0» по шкале «kΩ, μF».

6. Подключить исследуемый конденсатор к клеммам «—» и «μF».

Величину емкости исследуемого конденсатора определяют по шкале «kΩ, μF» (непосредственно в мкФ).

Измерение уровней передачи. Абсолютный уровень передачи по напряжению измеряется относительно напряжения 0,775 В при сопротивлении нагрузки, значительно меньшем 3000 Ом.

Для измерения абсолютного уровня передачи необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель рода работы установить в положение «μF̃».

3. Переключатель пределов измерения установить в положение «V≃3» или «V≃7,5» в зависимости от величины напряжения на исследуемом элементе цепи.

4. Подключить соединительные провода к клеммам «—» и «+» и к исследуемому элементу.

Уровень передачи отсчитывается по шкале «db» непосредственно при работе на пределе «3 V≃». При работе на пределе «7,5 V≃» к показаниям шкалы следует прибавить +8 дБ.

Если сопротивление нагрузки (исследуемого элемента) равно 600 Ом, то уровень передачи можно измерять прибором Ц-52 при установке переключателя пределов в положение «db» и отключенной нагрузке. Уровень передачи в этом случае отсчитывается непосредственно по шкале «db».

Ампервольтомметр Ц315

Предназначен для измерения в лабораторных условиях постоянного тока и напряжения, переменного тока и напряжения, а также сопротивления постоянному току.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения:
постоянного и переменного напряжений 0,5—1000 В;
постоянного тока 0,2 мА — 5 А;
переменного тока 0,5 мА—5 А;
сопротивления 1 Ом—5 МОм.

35. Электрические данные прибора типа Ц315

Предел измерения напряжения, В	Внутреннее сопротивление, кОм		Предел измерения тока, А	Падение напряжения при нормальном токе, В	
	—	~		—	~
2,5	2,5	0,25	5,0000	0,480	1,20
10,0	10,0	4,00	1,0000	0,480	1,20
25,0	25,0	10,00	0,2500	0,480	1,20
100,0	100,0	40,00	0,1000	0,475	1,19
250,0	250,0	100,00	0,0250	0,460	1,16
500,0	500,0	200,00	0,0100	0,432	1,10
1000,0	1000,0	400,00	0,0025	0,228	0,80

Электрические данные прибора приведены в табл. 35.

2. Основная погрешность измерений при нормальных условиях:
постоянного тока и напряжения не более ±1,5%;
переменного тока и напряжения на частоте от 50 до 500 Гц не более ±2,5%;
сопротивления постоянному току ±2,5%.
Нормальными условиями считаются:
горизонтальное положение прибора;
температура окружающего воздуха 20 ± 5° С;

прогрев прибора в течение не менее 15 мин номинальным током, соответствующим измеряемому пределу измерения;

практически синусоидальная форма кривой тока или напряжения (клирфактор не более 2%);

отсутствие вблизи прибора ферромагнитных масс и внешних магнитных полей (кроме земного).

3. При измерении сопротивления прибор питается:

от трех сухих элементов типа ФБС-0,25 — на пределах измерений 5,5 и 500 кОм;

от дополнительного внешнего источника с напряжением 40—60 В на пределе измерения 5 МОм.

4. Дополнительная погрешность при измерении температур в пределах 10—35° С не превышает для измерений на постоянном токе 1,5% и на переменном токе 2,5%.

Схема прибора

В принципиальную схему прибора Ц315 (рис. 56) входят схемы измерения постоянного тока, постоянного напряжения, переменного тока, переменного напряжения, сопротивления постоянному току.

Схема измерения постоянного тока (рис. 57, *а*) состоит из микроамперметра *ИП* с шунтами R_{10}—R_{20}.

Схема измерения переменного тока (рис. 57, *б*) состоит из микроамперметра *ИП* с диодами $Д_1$ и $Д_2$ и шунтов R_{10}—R_{20}.

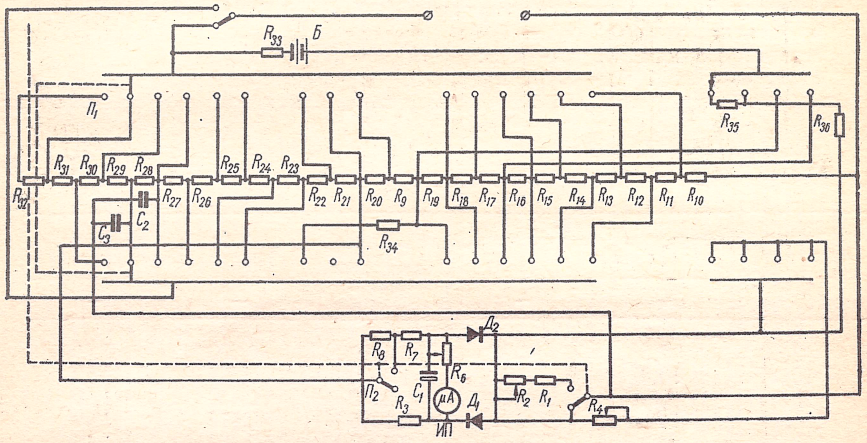


Рис. 56. Принципиальная схема прибора Ц315.

Схема измерения постоянного напряжения (рис. 57, *в*) состоит из микроамперметра *ИП* с добавочными сопротивлениями R_{21}—R_{32}.

Схема измерения переменного напряжения (рис. 57, *г*) состоит из микроамперметра *ИП* с диодами $Д_1$, $Д_2$ и добавочных сопротивлений R_{34}, R_{20}—R_{30}.

Вольтметром прибор включается и пределы измерения его изменяются переключателем $П_2$. Для измерения постоянного или переменного напряжения схема переключается переключателем $П_1$.

Схема измерения сопротивления постоянному току (рис. 57, *д*) состоит из микроамперметра *ИП*, источника питания *Б* и схемы коррекции изменения напряжения. Коррекция осуществляется переменным резистором R_4, ручка которого на передней панели имеет рифленое кольцо (соосно с ручкой переключателя пределов измерений $П_2$). Омметром прибор включается и пределы измерения его изменяются переключателями $П_1$ и $П_2$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ц315 приведена в табл. 36.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 58).

Сухие элементы помещаются под крышкой на нижней стороне прибора. Перед измерением корректором необходимо установить стрелку прибора на нулевую риску.

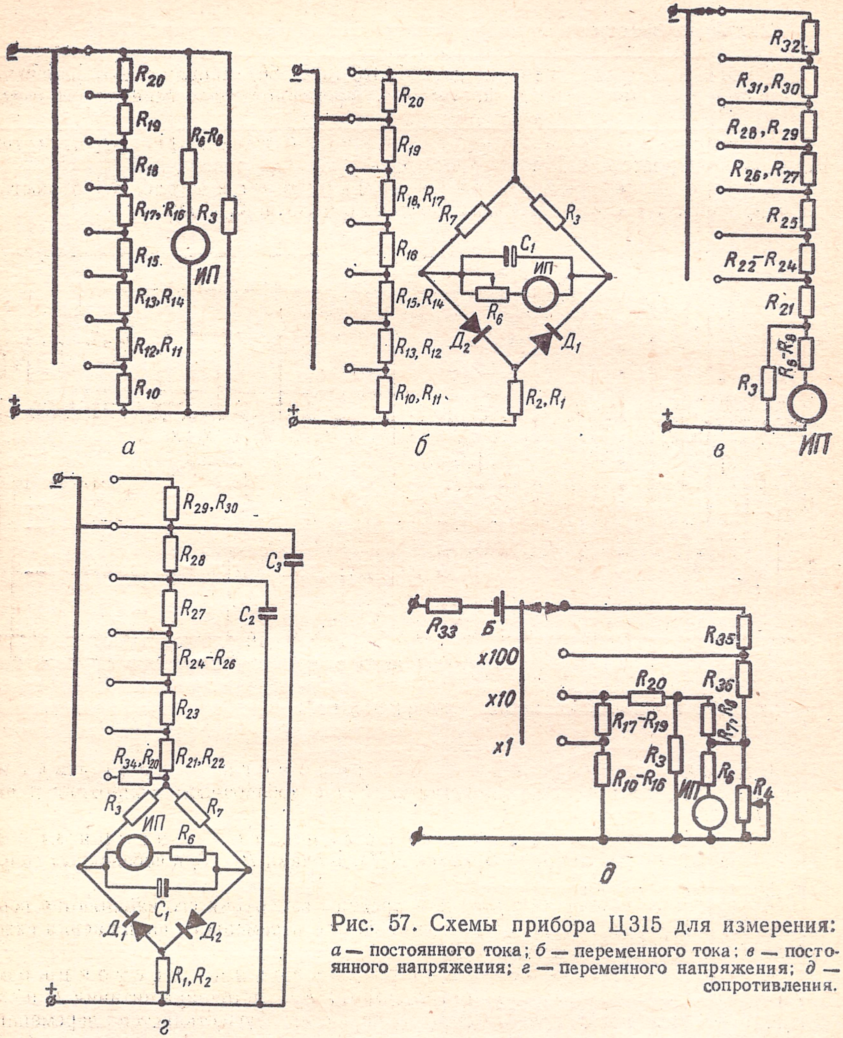

R20
R19
R18
R17, R16
R15
R13, R14
R12, R11
R10
R6–R8
R3
ИП
а
R18, R17
R16
R15, R14
R13, R12
R10, R11
R7
C1
R6
Д2
Д1
R2, R1
б
R32
R31, R30
R28, R29
R26, R27
R25
R22–R24
R21
R6–R8
в
R29, R30
R28
R27
R24–R26
R23
R34, R20
R21, R22
C3
C2
R1, R2
г
R33
Б
x100
x10
x1
R35
R36
R17–R19
R10–R16
R7, R8
R4
д

Рис. 57. Схемы прибора Ц315 для измерения:

а — постоянного тока; *б* — переменного тока; *в* — постоянного напряжения; *г* — переменного напряжения; *д* — сопротивления.

При работе с прибором запрещается изменять пределы измерения под током и переходить с одного вида измерения на другой. Рабочее положение прибора горизонтальное.

Работа с прибором

Для измерения тока необходимо:

1. Переключатель рода работы установить в положение «—» или «~» в соответствии с измеряемым током.

2. Переключатель пределов измерения установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения.

36. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ц315

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	Проволочный	400 Ом	R_{24}	Проволочный	245 Ом
R_2	»	300 Ом	R_{25}	»	15 кОм
R_3	»	138 Ом	R_{26}	»	14,8 кОм
R_4	»	400 Ом	R_{27}	»	60 кОм
R_6	»	140 Ом	R_{28}	»	100 кОм
R_7, R_8	»	138 Ом	R_{29}	»	50 кОм
R_9,	»	43 Ом	R_{30}	»	150 кОм
R_{10}	»	0,096 Ом	R_{31}	»	100 кОм
R_{11}	»	0,144 Ом	R_{32}	»	500 кОм
R_{12}	»	0,24 Ом	R_{33}	»	54 Ом
R_{13}, R_{14}	»	0,72 Ом	R_{34}	»	140 Ом
R_{15}	»	2,88 Ом	R_{35}	»	63 кОм
R_{16}, R_{17}	»	7,2 Ом	R_{36}	»	6910 Ом
R_{18}	»	28,8 Ом	C_1	КЭ	50 мкФ
R_{19}	»	72 Ом	C_2, C_3	КСО	700 пФ
R_{20}	»	288 Ом	*Б*	ФБС-0,25	—
R_{21}	»	2425 Ом	*ИП*	Микроамперметр	—
R_{22}	»	1255 Ом			
R_{23}	»	6000 Ом	$Д_1$, $Д_2$	ДГ-Ц10	—

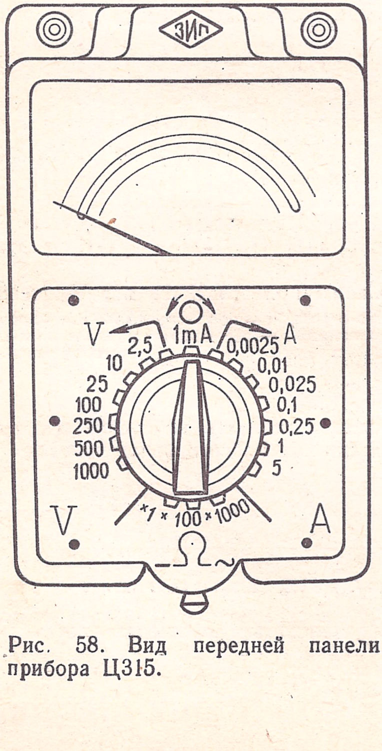


Рис. 58. Вид передней панели прибора Ц315.

3. Соединительные провода подключить к прибору и к исследуемой цепи.

Величину измеренного тока определяют по шкале прибора в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Для измерения напряжения необходимо:

1. Переключатель рода работы установить в положение «—» или «~» в соответствии с измеряемым напряжением.

2. Переключатель пределов измерения установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения.

3. Соединительные провода подключить к прибору и к исследуемой цепи.

Величину измеренного напряжения определяют по шкале прибора в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Для измерения сопротивлений постоянному току, меньших 500 кОм, необходимо:

1. Переключатель рода работы установить в положение «—».

2. Переключатель пределов измерения установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения.

3. Подключить к прибору соединительные провода. Замкнув их при помощи

рифленого кольца, установить стрелку прибора на нуль по шкале «Ω». Если стрелка прибора на нуль не устанавливается, следует сменить сухие элементы.

4. Разомкнув соединительные провода, подключить их к измеряемому сопротивлению.

Величина сопротивления определяется по шкале «Ω» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Для измерения сопротивлений постоянному току от 500 кОм до 5 МОм необходимо:

1. Переключатель рода работы установить в положение «—».
2. Переключатель пределов измерения установить в положение «×1000».
3. Подключить к прибору внешний источник напряжением 40—60 В, причем минус источника должен быть соединен с клеммой «—».
4. Рифленым кольцом установить стрелку прибора на нуль по шкале «Ω». Если стрелка прибора на нуль не устанавливается, то следует увеличить напряжение источника.
5. Измеряемое сопротивление включить между одной из клемм прибора и полюсом внешнего источника.

Величину измеряемого сопротивления определяют по показаниям шкалы «Ω», умноженным на 1000.

После окончания работы с омметром прибор рекомендуется переключить в любое положение, соответствующее измерению тока или напряжения.

Ампервольтомметр АВО-5М

Предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, переменного тока и напряжения частотой 50 Гц и сопротивления постоянному току.

Шкала прибора имеет дополнительную градуировку в децибелах (дБ).

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения:

постоянного тока 2 мкА — 12 А;

постоянного напряжения 0,1—1200 В при непосредственном включении и до 6000 В с наружным добавочным сопротивлением;

переменного тока 0,6 мА — 12 А;

переменного напряжения 0,6—1200 В при непосредственном включении и до 6000 В с наружным добавочным сопротивлением; сопротивление постоянному току 3 Ом — 30 МОм; в децибелах от +78 до —12 дБ.

2. Входное сопротивление прибора равно 20 000 Ом/В на всех пределах измерения постоянного напряжения и 2000 Ом/В на всех пределах измерения переменного напряжения.

3. Основная погрешность прибора не превышает при измерении:

постоянного тока и постоянного напряжения ±3%;

переменного тока и переменного напряжения ±5%;

сопротивления постоянному току ±10% в пределах показаний прибора 3—300 Ом на шкале 0—3 кОм и соответственно на других шкалах;

в децибелах:

В пределах от 0 до —12 дБ	±4 дБ
» » » 0 до +8 дБ	±2 дБ
» » » +8 до ±12 дБ	±1,5 дБ

4. Погрешность показаний прибора за счет изменения частоты измеряемого напряжения 50 и 1000 Гц не превышает ±10% на пределах измерений 3 и 30 мА:

±4%	120 мА, 1,2; 12 А
±1,5%	3, 12, 30, 300 В

±2%	600 В
±3%	1200 В

5. Для питания цепей омметра в приборе используются сухой элемент типа 2С-Х-6 на 1,5 В и батарея, состоящая из 5 батареек типа КБС на 22,5 В. Доступ к источникам питания через крышку в задней стенке прибора.

Схема прибора

В принципиальную схему прибора АВО-5М (рис. 59) входят схемы измерения постоянного тока, постоянного напряжения, переменного тока, переменного напряжения, сопротивления постоянному току.

Схема измерения постоянного тока (рис. 60, *а*) состоит из микроамперметра *ИП* с шунтами.

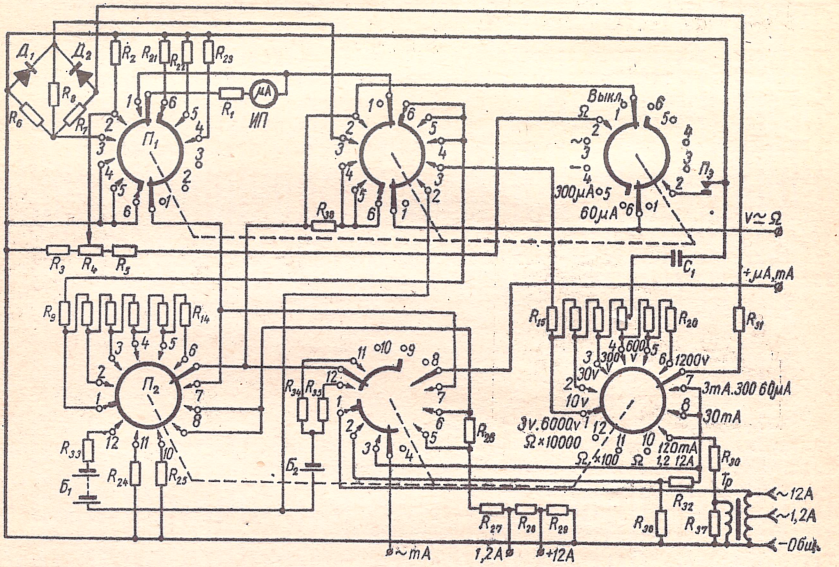

Д₁
Д₂
R₂
R₂₁
R₂₂
R₂₃
R₈
R₆
R₇
R₁
μA
ИП
П₁
R₃
R₄
R₅
R₃₈
Выкл.
Ω
~
—
300μA
60μA
П₃
V≃Ω
C₁
+μA,mA
R₉
R₁₄
П₂
R₃₃
Б₁
R₂₄
R₂₅
R₃₄
R₃₅
Б₂
R₂₆
R₁₅
R₂₀
R₃₁
30v
300v
600v
1200v
10v
3v.6000v
Ω×10000
Ω×100
Ω
3mA.300 60μA
30mA
120mA
1,2 12A
R₃₀
Тр
R₃₂
R₃₆
R₃₇
R₂₇
R₂₈
R₂₉
~mA
1,2A
+12A
~12A
~1,2A
-Общ.

Рис. 59. Принципиальная схема прибора АВО-5М.

Амперметром прибор АВО-5М включается переключателем $П_1$. Пределы измерения изменяются переключателями $П_1$, $П_2$ и различными подключениями к одной из трех клемм.

Схема измерения переменного тока (рис. 60, *б*) состоит из микроамперметра *ИП* с выпрямителем, шунтов и трансформатора *Тр*.

Для измерения переменного тока прибор включается переключателем $П_1$. Пределы измерения изменяются переключателем пределов $П_2$ с различными подключениями к одной из трех клемм.

Схема измерения постоянного напряжения (рис. 60, *в*) состоит из микроамперметра *ИП* с добавочными сопротивлениями.

Схема измерения переменного напряжения (рис. 60, *г*) состоит из микроамперметра *ИП* с выпрямителем и добавочных сопротивлений.

Для измерения напряжения прибор включается переключателем $П_1$. Пределы измерения изменяются переключателем $П_2$.

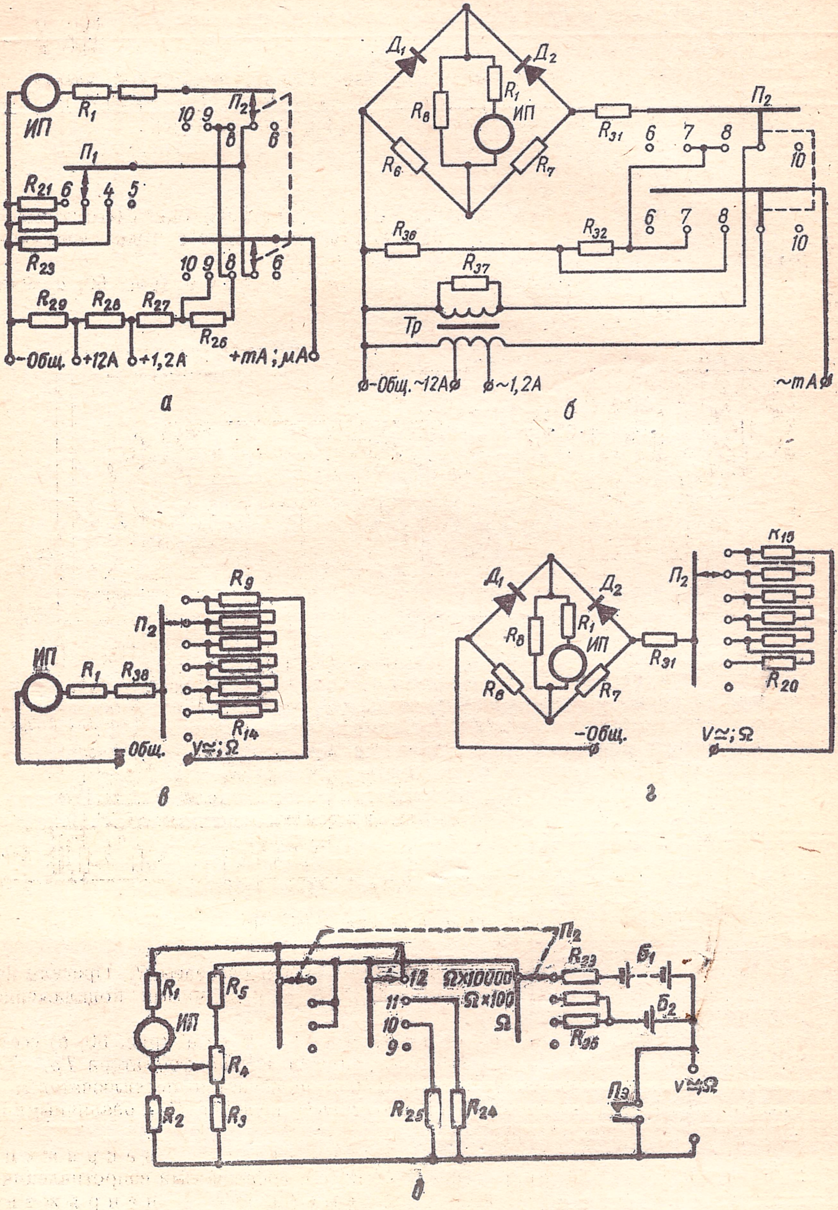

ИП
R1
П2
10 9 8 6
П1
R21
6 4 5
R23
R29
R28
R27
R26
-Общ.
+12А
+1,2А
+mA; µA
а
Д1
Д2
R8
R1
ИП
R6
R7
R31
П2
6 7 8
10
R36
R32
R37
Тр
-Общ. ~12А
~1,2А
~mA
б
R9
П2
ИП
R1
R38
R14
Общ.
V≃; Ω
в
Д1
Д2
R8
R1
ИП
R6
R7
R31
П2
R15
R20
-Общ.
V≃; Ω
г
П2
R1
ИП
R2
R5
R4
R3
12
11
10
9
Ω×10000
Ω×100
Ω
R23
Б1
Б2
R35
R25
R24
П3
V≃Ω
д

Рис. 60. Схемы прибора АВО-5М для измерения:

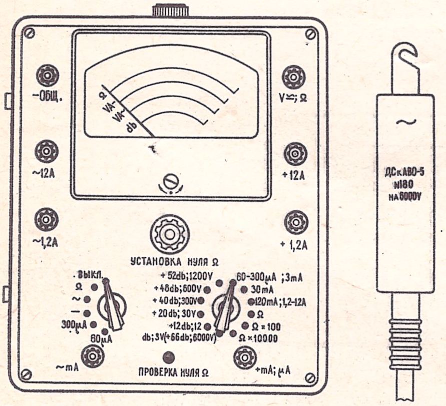
а — постоянного тока; *б* — переменного тока; *в* — постоянного напряжения; *г* — переменного напряжения; *д* — сопротивления.

37. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа АВО-5М

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	Проволочный	800 Ом	R_{24}	Проволочный	640 Ом
R_2	»	2,5 кОм	R_{25}	»	5,45 Ом
R_3	»	500 Ом	R_{26}	»	6,2 Ом
R_4	»	14 кОм	R_{27}	»	1,88 Ом
R_5	»	2 кОм	R_{28}	»	0,25 Ом
R_6, R_7	»	1—2,5 кОм	R_{29}	»	0,02 Ом
R_8	»	700 Ом	R_{30}	»	3,5 кОм
R_9	»	55 кОм	R_{31}	»	650 Ом
R_{10}	»	180 кОм	R_{32}	»	558 Ом
R_{11}	ВС	360 кОм	R_{33}	ВС	296,3 Ом
R_{12}	ВС	5,4 МОм	R_{34}	Проволочный	2456 Ом
R_{13}	ВС	6 МОм	R_{35}	»	24,56 Ом
R_{14}	ВС	12 МОм	R_{36}	»	62 Ом
R_{15}	Проволочный	3,7 кОм	R_{37}	»	10 кОм
R_{16}	»	18 кОм	R_{38}	»	2,5 кОм
R_{17}	»	36 кОм	C_1	Конденсатор	51 пФ
R_{18}	ВС	360 кОм	$Тр$	Трансформатор	—
R_{19}	ВС	600 кОм	$ИП$	Микроамперметр	50 мкА
R_{20}	ВС	1,2 МОм			
R_{21}	ВС	25 кОм	$Б_1$	КБС	22,5 В
R_{22}	Проволочный	1 кОм	$Б_2$	2С-Х-6	1,5В
R_{23}	»	84,6 Ом			

Схема измерения сопротивления постоянному току (рис. 60, *д*) состоит из микроамперметра *ИП*, резисторов, источников питания и схемы коррекции изменения питающего напряжения. При изменении питающего напряжения коррекция осуществляется резистором R_4, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «установка нуля Ω».

Омметром прибор АВО-5М включается переключателем $П_1$. Пределы измерения изменяются переключателем $П_2$.



-ОБЩ.
V≂; Ω
Ω
VA-
VA~
db
~12A
+12A
~1,2A
+ 1,2A
УСТАНОВКА НУЛЯ Ω
. ВЫКЛ.
Ω
~
—
300μA
60μA
+ 52db;1200V
+ 46db;600V
+ 40db;300V
+ 20db; 30V
+12db;12
db;3V(+66db;6000V)
60-300μA ;3mA
30mA
120mA;1,2-12A
Ω
Ω × 100
Ω × 10000
~mA
ПРОВЕРКА НУЛЯ Ω
+mA; μA
~
ДСкАВО-5
№180
НА 6000V

Рис. 61. Вид передней панели прибора АВО-5М и добавочного сопротивления для измерения напряжения до 6 кВ.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа АВО-5М приведена в табл. 37.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 61). Кроме того, для различных измерений в комплект прибора входят провода сечением 2,5 мм² для измерения токов до 12 А, два провода сечением 0,75 мм² для остальных измерений, провод высокого напряжения и два провода с добавочными сопротивлениями для измерения напряжения до

6000 В (номер на корпусе добавочного сопротивления может быть отличным от номера прибора).

Подготовка прибора к работе сводится к выбору соединительных проводов, подключения их к прибору и установке переключателей прибора в соответствующие положения. Рабочее положение прибора горизонтальное.

Работа с прибором

Для измерения постоянного тока больше 300 мкА необходимо:

1. Переключатель *П*$_1$ установить в положение «—».

2. Переключатель пределов *П*$_2$ установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения.

3. Соединительные провода подключить к клеммам:

«—общ.» и «+mA, μA», если величина тока не превышает 120 мА;

«—общ.» и «+1,2 А» при измерении тока до 1,2 А;

«—общ.» и «+12А» при измерении тока до 12 А.

Для измерения постоянного тока до 300 мкА необходимо:

1. Переключатель *П*$_1$ поставить в положение «60μA» или «300μA» в зависимости от пределов измерения.

2. Переключатель пределов измерения *П*$_2$ поставить в положение «60—300μA; 3 mA».

3. Соединительные провода подключить к клеммам «—общ.» и «+mA; μA».

Величину измеренного тока определяют по соответствующей шкале прибора «VA—» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Для измерения переменного тока необходимо:

1. Установить переключатель *П*$_1$ в положение «∼».

2. Переключатель пределов *П*$_2$ установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения.

3. Соединительные провода подключить к клеммам:

«—общ.» и «∼А», если величина тока не превышает 120 МА;

«—общ.» и «∼1,2 А» при измерении тока до 1,2 А;

«—общ.» и «∼12 А» при измерении тока до 12 А.

Величину измеренного тока определяют по шкале прибора «VA∼» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Для измерения постоянного напряжения необходимо:

1. Переключатель *П*$_1$ поставить в положение «—».

2. Переключатель пределов *П*$_2$ установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения.

3. Соединительные провода подключить к клеммам «—общ.» и «V≃; Ω».

При измерении высокого напряжения свыше 1200 В используются соединительные провода высокого напряжения. При этом провод с добавочным сопротивлением (имеет гравировку «—») подключается к клемме «—общ.», если в исследуемой схеме заземлена плюсовая клемма, или к клемме «V≃; Ω», если в исследуемой схеме заземлена минусовая клемма.

Величину измеренного напряжения определяют по шкале прибора «VA—» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Переменное напряжение измеряется аналогично измерению постоянного напряжения, с той лишь разницей, что переключатель *П*$_1$ устанавливается в положение «∼», а при измерении напряжения выше 1200 В используется добавочное сопротивление с гравировкой «∼».

Величину измеренного напряжения определяют по шкале прибора «V A∼» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

Для измерения сопротивления постоянному току необходимо:

1. Переключатель *П*$_1$ поставить в положение «Ω».

2. Переключатель пределов *П*$_2$ установить в положение, соответствующее выбранному пределу измерения.

3. Нажав кнопку «проверка нуля Ω», вращением ручки «установка нуля Ω» установить стрелку прибора на нулевую отметку по шкале прибора «Ω».

4. Подключить измеряемое сопротивление к клеммам «—общ.» и «V≂, Ω». Величину измеренного сопротивления находят по шкале прибора «Ω» в соответствии с положением переключателя пределов измерения.

После окончания измерения переключатель $П_1$ поставить в положение «выкл.».

Работа по шкале децибел

Шкала децибел соответствует измерениям переменного напряжения.

Общий предел измерения от —12 до +78 дБ при нулевом уровне по мощности 1 мВт, который соответствует 0,775 В на нагрузке в 600 Ом.

Шкала децибел на приборе соответствует пределу измерения напряжения 3 В. При работе на других пределах децибелы подсчитываются прибавлением к показанию прибора (в децибелах) постоянной величины децибел, определяемой положением переключателя пределов измерения.

Например, измерения напряжения ведутся на шкале измерения 30 В (+20 дБ). Стрелка прибора показывает по шкале децибел +8 дБ.

Действительная величина будет (+8) + (20) = 28 дБ.

Примечание. Измерения в децибелах будут более точными в конце шкалы.

ГЛАВА III

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОМПОНЕНТОВ И ЦЕПЕЙ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПОСТОЯННЫМИ

(подгруппа Е)

Компоненты и цепи принимаются сосредоточенными как бы в одной точке, если частота, на которой они работают, сравнительно невысока. Точнее, если компоненты или цепи имеют линейные размеры много меньше длины волны, на которой они работают, то их можно считать сосредоточенными в одной точке, а параметры компонентов и цепей определять независимо от их размеров.

Тем не менее любой компонент сосредоточенной цепи (резистор, трансформатор, конденсатор) обладает электрическими характеристиками, которые могут быть представлены различными электрическими эквивалентными схемами со своими параметрами (рис. 62 *а*, *б*, *в*, *г*).

Приборы, предназначенные для измерения параметров компонента или цепи, способны решать эту задачу при условии, если их принцип действия с использованием метода измерения подтверждается законами электротехники. Так, например, емкость конденсатора C_x без потерь, у которого тангенс угла потерь $\mathrm{tg}\,\delta_C$ даже на достаточно высоких частотах практически равен нулю, нельзя измерить с помощью четырехплечей мостовой схемы на переменном токе, состоящей из активных сопротивлений в двух соседних плечах и конденсатора $C_{\text{эт}}$ регулируемой емкости, но со сравнительно большими нерегулируемыми потерями в соседнем с C_x плече. Это объясняется тем, что такой мост не может быть сбалансирован. Но если в плечо, куда включен конденсатор C_x, искусственно внести потери в виде подключенного последовательно (или параллельно) с конденсатором резистора с регулируемым сопротивлением, то измерение C_x возможно. Наоборот, если C_x с потерями, а в соседнем плече моста используется только конденсатор $C_{\text{эт}}$ без потерь, то и в этом случае мост может быть сбалансирован только с подключением резистора с регулируемым сопротивлением в плече $C_{\text{эт}}$. Это обусловило, например, возможность составлять балансирующие мостовые схемы в измерительных приборах в соответствии с электрической эквивалентной схемой измеряемого объекта.

Компонент электрической цепи может быть с достаточным приближением представлен электрической эквивалентной схемой, составленной из сосредоточенных элементов R, L и C. Но возможность измерений параметров с достаточной точностью приборами с балансирующими мостовыми устройствами ограничивается различными видами эквивалентных схем компонентов. Практически такую задачу можно решить достаточно успешно, если компонент имеет электрическую эквивалентную схему наиболее простого вида, составленную из двух элементов, включенных последовательно (или параллельно). Поэтому, сохраняя целостность параметров компонента и заменяя для той же рабочей частоты ω сложную электрическую эквивалентную схему более простой, получаем простую приведенную схему компонента с двумя элементами, обладающими новыми приведенными параметрами.

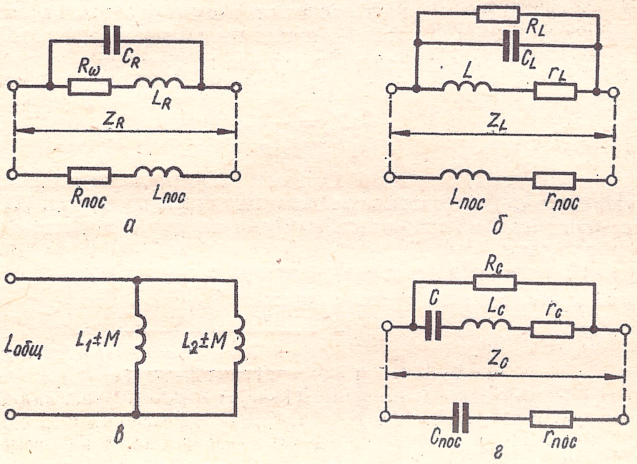


Рис. 62. Электрические эквивалентные схемы:
а — резистора; *б* — катушки индуктивности; *в* — трансформатора; *г* — конденсатора.

Например, резистор на электрической эквивалентной схеме (рис. 62, *а*) можно представить в виде двух элементов $R_{пос}$ и $L_{пос}$ на приведенной схеме, катушку самоиндукции (рис. 62, *б*) — элементами с приведенными параметрами $r_{пос}$ и $L_{пос}$, конденсатор (62, *г*) — элементами $C_{пос}$ и $r_{пос}$.

Рассмотрим условия приведения схемы к двум элементам с приведенными параметрами для резистора, катушки самоиндукции и конденсатора.

Резистор. Активное сопротивление R является непременным электрическим свойством проводниковых и полупроводниковых материалов.

На постоянном токе сопротивление проводника R_0 зависит от проводниковых свойств материалов [удельного объемного сопротивления ρ (Ом·м), длины проводника l (м), поперечного сечения S (м²)] и определяется по формуле

$$R_0 = \rho \frac{l}{S}, \text{ Ом}.$$

Поверхностное сопротивление R_0 на постоянном токе между двумя параллельными проводящими электродами длиною b м, уложенными на расстоянии a м, между которыми находится тонкий проводящий слой с удельным поверхностным сопротивлением $\rho_{\text{пов}}$ Ом, определяется по формуле

$$R_0 = \rho_{\text{пов}} \frac{a}{b}, \text{ Ом}.$$

На переменном токе активное сопротивление проводников R увеличивается с увеличением частоты вследствие влияния поверхностного эффекта, эффекта излучения и других причин; запишем сопротивление проводника в зависимости от частоты протекающего через него тока

$$R_\omega = R_0 + r(\omega),$$

где R_0 — сопротивление проводника на постоянном токе; $r(\omega)$ — добавление сопротивления в зависимости от частоты тока.

Сопротивление резистора на радиочастоте можно определить, если измерить потребляемую мощность P_R и ток I_R, протекающий через резистор. Тогда значение сопротивления этого резистора определится по формуле

$$R_\omega = \frac{P_R}{I_R^2}.$$

Любой резистор не свободен от собственных индуктивности и емкости, которые можно было показать на электрической эквивалентной схеме (рис. 62, *а*), поэтому его полное (комплексное) сопротивление будет зависеть от частоты ω протекающего через него тока.

Модуль полного сопротивления резистора с параметрами R_ω, L_R и C_R на частоте ω записывается в следующем виде:

$$|Z_R| = R_\omega \sqrt{\frac{1 + \beta^2 Q_R^2}{(1 - \beta)^2 + \left(\frac{\beta}{Q_R}\right)^2}},$$

где $\beta = \frac{\omega}{\omega_R}$; $Q_R = \frac{\omega_R L_R}{R_\omega}$, а $\omega_R^2 = \frac{1}{L_R C_R}$.

Кривые зависимости нормированного полного сопротивления резистора $\frac{|Z_R|}{R_\omega}$ от нормированной частоты β для различных Q_R показаны на рис. 63.

Резистором с достаточно неизменным полным сопротивлением в широком диапазоне рабочих частот является такой резистор, у которого Q_R около 0,7.

Для удобства расчета электрических схем радиоустройств можно резистор характеризовать тремя параметрами (для $\beta \ll 1$) в соответствии с приведенной электрической эквивалентной схемой (рис. 62, *а*): $R_{\text{пос}} \approx R_\omega$; $L_{\text{пос}} = L_R \times \times \left(1 - \frac{1}{Q_R^2}\right)$ и постоянной времени резистора

$$\tau_R = \frac{L_{\text{пос}}}{R_{\text{пос}}} = \frac{L_R}{R_\omega} - R_\omega C_R.$$

Катушку самоиндукции со своими параметрами элементов можно представить на электрической эквивалентной схеме (рис. 62, *б*), состоящей из последовательно соединенных собственной индуктивности L и сопротивления потерь в проводнике r_L; параллельно соединенной междувитковой приведенной (сосредоточенной) емкости C_L и параллельно соединенного сопротивления потерь в диэлектрике и каркасе R_L.

Приведенная эквивалентная схема катушки из последовательно соединенных $L_{\text{пос}}$ и $r_{\text{пос}}$, которой пользуются при измерениях и расчетах, связана с предыдущей схемой на частоте ω следующими формулами:

$$L_{\text{пос}} = \frac{L}{1 - \omega^2 L C_L}; \quad r_{\text{пос}} = \frac{r_L + \dfrac{(\omega L)^2}{R_L}}{(1 - \omega^2 L C_L)^2}; \quad Q_L = \frac{\omega L_{\text{пос}}}{r_{\text{пос}}}.$$

Трансформатор, состоящий из двух обмоток с индуктивностями L_1 и L_2, связанных между собой коэффициентом взаимоиндукции M, можно представить электрической эквивалентной схемой (рис. 62, *в*), в которой «несвязанные» между собой катушки с индуктивностями $L_1 \pm M$ и $L_2 \pm M$ соединены параллельно. Общая индуктивность параллельно соединенных «несвязанных» между собой катушек записывается формулой

$$L_{\text{общ}} = \frac{(L_1 \pm M)(L_2 \pm M)}{L_1 + L_2 \pm 2M}.$$

Коэффициент взаимоиндукции определяется из этой формулы как

$$M = \pm \left[L_{\text{общ}} - \frac{L_1 + L_2}{2} + \right.$$
$$\left. + \sqrt{L^2_{\text{общ}} + \frac{(L_1 - L_2)^2}{4}} \right].$$

Знак ± перед скобкой показывает, что во внимание не принималось соединение между собой катушек L_1 и L_2: согласованно ($+M$) или рассогласованно ($-M$).

При $L_1 = L_2 = L$ $M = \pm (2L_{\text{общ}} - L)$.

Конденсатор со своими параметрами элементов можно представить на электрической эквивалентной схеме (рис. 62, *г*) состоящим из последовательно соединенных собственной емкости C, индуктивности проводников L_C, сопротивления потерь в проводнике r_C и параллельно соединенного сопротивления потерь в диэлектрике R_C.

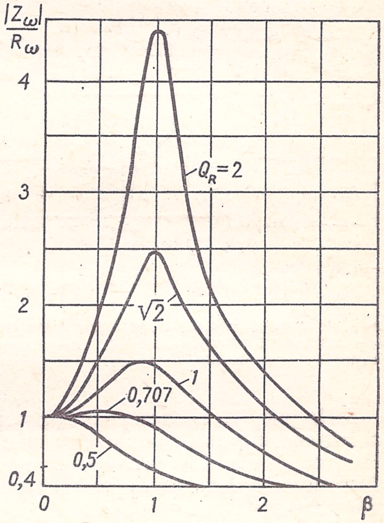


Рис. 63. Кривые зависимости полного сопротивления резистора от частоты.

Приведенная эквивалентная схема конденсатора из последовательно соединенных $C_{\text{пос}}$ и $r_{\text{пос}}$, которой пользуются при измерениях и расчетах, связана с предыдущей схемой на частоте ω следующими формулами:

$$C_{\text{пос}} = \frac{C}{1 - \omega^2 C L_C}; \quad r_{\text{пос}} = r_C + \frac{(1 - \omega^2 C L_C)^2}{\omega^2 C^2 R_C}; \quad \operatorname{tg} \delta_C = \omega C_{\text{пос}} r_{\text{пос}}.$$

Принципы определения значения измеряемой величины приборами подгруппы Е4 (старое название Е9) отличаются от принципов измерения мостовыми измерительными устройствами, рассмотренными выше. Измерители добротности

Е4 измеряют или определяют собственные параметры элементов электрической эквивалентной схемы компонента без каких-либо модификаций или приведений.

Измерителем добротности (куметром) можно измерить собственную индуктивность катушки L и ее емкость C_L, сопротивление катушки на заданной частоте, добротности катушек, конденсаторов и многие другие параметры компонентов.

Рассмотрим, что представляет собой куметр и некоторые условия его применения.

Куметр электронный — универсальный измерительный прибор, состоящий из генератора напряжений, последовательно настраиваемого в резонанс контура и электронного вольтметра, измеряющего напряжение на конденсаторе контура.

Генератор напряжения — это радиочастотный генератор (перестраиваемый по частоте), выходное сопротивление которого чрезвычайно мало. Поэтому любой, подключаемый к выходу генератора контур, составленный из LCR, имеет сопротивление даже при резонансе много больше, чем выходное сопротивление генератора. Это может служить условием, чтобы выходное напряжение генератора $U_г$ принять за его э. д. с. $E_г$, которую вводят в последовательный контур. Поэтому можно считать, что добротность контура определяется отношением напряжения U_C на конденсаторе контура к выходному напряжению генератора $U_г$, т. е. $Q=\frac{U_C}{U_г}$.

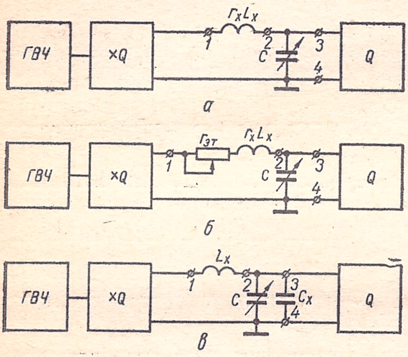


Рис. 64. Структурные схемы для измерения:

а — индуктивности и добротности катушек; б — активного сопротивления; в — емкости и добротности конденсаторов.

На рис. 64, *а* показана структурная схема измерительной установки с резонансным контуром $L_x C$, подключенным к генератору напряжения (ГВЧ — × Q). Напряжение на конденсаторе измеряется электронным вольтметром (Q). Клеммы *1*, *2* используются для подключения либо образцовой катушки L, либо измеряемой катушки L_x. К клеммам *3*, *4* (параллельно прецизионному конденсатору контура) подключается измеряемый конденсатор C_x.

Измерение параметров катушки

Индуктивность катушки L_x можно измерить, подключив ее к клеммам *1*, *2* (рис. 64, *а*). Настроив контур в резонанс прецизионным конденсатором C на заданной частоте f, по электронному вольтметру (Q) можно определить величину индуктивности по формуле

$$L_x=\frac{1}{4\pi^2 f^2 C}, \text{ Г},$$

где C — емкость, отсчитанная по шкале, Ф; f — частота генератора, Гц.

Если собственная емкость катушки C_L значительна, то контур следует настраивать дважды на двух различных частотах генератора f_1 и f_2. Тогда индуктивность L_x определяется по формуле

$$L_x=\frac{1-\left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2}{4\pi^2 f_1^2 (C_1-C_2)},$$

где C_1 — емкость, отсчитанная по шкале, при настройке контура на частоту f_1; C_2 — емкость, отсчитанная по шкале, при настройке контура на частоту f_2.

Собственная емкость катушки C_L определяется по данным предыдущих измерений для L_x по формуле

$$C_L = \frac{C_1 - C_2\left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2}{\left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 - 1}.$$

Для измерения добротности катушки Q_L на заданной частоте f составляют контур из L_x и прецизионного конденсатора C, которым и настраивают контур в резонанс на заданную частоту по электронному вольтметру (Q). Частота f устанавливается на ГВЧ. При резонансе напряжение на контуре будет в Q раз больше, чем $U_г$. Если $U_г = 1$ В, то $Q_L = U_C$. В этом случае показания электронного вольтметра будут соответствовать величине измеряемой добротности Q.

Для измерения активного сопротивления катушки r_x на заданной частоте последовательно с катушкой, сопротивление которой измеряется, включают (рис. 64, *б*) откалиброванное угольное переменное сопротивление $r_{эт}$ до 50—100 Ом.

Измерение производят двумя этапами:

1) определяют Q_L при настроенном на заданную частоту f контуре и при $r_{эт} = 0$;

2) уменьшают Q_L (не расстраивая контур) в два раза за счет увеличения сопротивления $r_{эт}$.

Тогда по шкале откалиброванного сопротивления находят

$$r_x = r_{эт}.$$

Измерение параметров конденсатора

Емкость конденсатора C_x определяется следующим образом. Прецизионный конденсатор переменной емкости C устанавливают на его наибольшую емкость C_1, а к клеммам *1, 2* подключают образцовую катушку (рис. 64, *в*). Устанавливая частоту генератора f, добиваются резонанса в контуре по электронному вольтметру. Затем к клеммам *3, 4* подключают измеряемый конденсатор C_x. Расстроенный контур подстраивают в резонанс на ту же частоту прецизионным конденсатором, емкость которого уменьшается до C_2. Величину измеренной емкости определяют как $C_x = C_1 - C_2$.

Тангенс угла потерь $\operatorname{tg}\delta$. Если в предыдущих измерениях (C_x) учесть добротность Q_1 при C_1 и Q_2 при C_2, то тангенс угла потерь (обратная величина добротности конденсатора C_x) определится из соотношения

$$\operatorname{tg}\delta_C = \frac{1}{Q_C} = \left(1 - \frac{C_2}{C_1}\right)\left(\frac{1}{Q_2} - \frac{1}{Q_1}\right).$$

Измерение параметров контура

Для измерения добротности контура $Q_к$, состоящего из катушки индуктивности L_x и емкости C_x, катушку L_x и конденсатор C_x подключают к соответствующим клеммам *1, 2* и *3, 4* раздельно. Прецизионный конденсатор C устанавливают на минимальную емкость C_{min}. Устанавливая частоту генератора f, добиваются резонанса в контуре по электронному вольтметру. Показания вольтметра

38. Основные характеристики приборов для измерения параметров элементов и цепей с сосредоточенными постоянными

Тип прибора	Пределы измерения, Ом	Погрешность измерения, %
Измерители сопротивления постоянному току		
Е6-1	10^9—10^{14}	4—6—15
Е6-2	10^2—10^{10}	1,5—2,5
Е6-3	$2 \cdot 10^3$—10^{14}	1,5—2,5—10—20
Е6-4	$10^4 — 2 \cdot 10^8$	2,5
Е6-5 (цифровой)	1—$9{,}999 \cdot 10^6$	0,3—1
Е6-6	$10^{-4} — 10^3$	2,5—4—6—10
ЕК6-7	10^7—10^{17}	4—10
	$I = 10^{-14} \div 10^{-7}$ А	4—6
	$U = 10^{-2} \div 10$ В	2,5
Е6-8	10—10^7 (отклонения ±9,99%)	0,2—0,3
Е6-9	100—10^7 (отклонения +9,99%)	0,05—0,07

Измерители индуктивности

Тип прибора	Пределы измерений	Диапазон частот, Гц	Погрешность измерений, %
Е7-1А	0,1—1000 Г	50—100—400	1—5
Е7-2	$L = 10^{-5} \div 1$ Г	1000	$0{,}002L + 0{,}03$ мкГ
	$R = 1 \div 10^2$ Ом		$0{,}02R + 1$ Ом
	$Q = 1{,}5 \div 100$		$3 + 0{,}15Q$
Измерители емкости			
Е8-1	10^{-4} — 50 пФ	$465 \cdot 10^3$	5—2—1
Измерители добротности			
Е9-1	$Q = 25 \div 625$		5—10
	$L = 0{,}1 \div 100$ мкГ	$5 \cdot 10^4 — 5 \cdot 10^7$	2
	$C = 0 \div 420$ пФ		2
Е9-2	$Q = 80 \div 1200$		10
	$L = 0{,}01 \div 3$ мкГ		
	$C = 0 \div 52$ пФ	$(26 \div 220) \cdot 10^6$	
Е9-3	$Q = 2 \div 200$	10^3—10^5	6
	$L = 10^{-4} \div 1$ Г		10
Е9-4	$Q = 5 \div 100$		4—5
	$L = 10^{-1} \div 100$ мГ	$5 \cdot 10^3$—$35 \cdot 10^6$	
	$C = 25 \div 450$ пФ		
Е9-5А	$Q = 5 \div 1200$	$(15 \div 250) \cdot 10^6$	10
	$C = 0 \div 90$ пФ		

Продолжение табл. 38

Измерители полных проводимостей и сопротивлений

Тип прибора	Пределы измерений	Диапазон частот, МГц	Погрешность измерений
Е10-2	$G = 1 \div 10$ мСм	0,4—30	$0{,}026G + 0{,}001$ мСм
	$C = 0{,}5 \div 400$ пФ		$0{,}01C + 4$ (до 12) пФ
Е10-4	R до 200 Ом		$0{,}05R + 5$ Ом
	X до $\frac{200}{0{,}01f}$ Ом	20—150	$0{,}1X + 5$ Ом
Е10-5	$R = 0{,}001 \div 200$ МОм	0,1—10	$0{,}07R$
	C до 1000 пФ		$0{,}02C + 3$ пФ

Измерители параметров элементов и цепей с сосредоточенными постоянными универсальные

Тип прибора	Пределы измерений	Диапазон частот, МГц	Погрешность измерений
Е12-1А	$L = 0{,}05$ мкГ $\div$ 100 мГ	0,011—1,55	$0{,}025L$ мкГ
	$C = 1 \div 5000$ пФ	0,3—0,7	$0{,}05C + 0{,}1$ пФ
	$R = 0{,}1$ Ом $\div$ 5 МОм	0	$0{,}01R$ — $0{,}03R$
Е12-2А	$C = 10$ пФ $\div$ 100 мкФ	100—1000 Гц	$0{,}01C$ — $0{,}03C$
	$L = 10$ мкГ $\div$ 100 Г		$0{,}01L$ — $0{,}03L$
	Кварцевые резонаторы		
Е12-3	$R_{\text{дин}} = 2 \div 75 \cdot 10^3$ Ом	0,004—140	10%
	$C_{\text{дин}} = 0{,}1 \div 10^{-4}$ пФ		

определяют добротность контура $Q_к$. Это же значение можно получить косвенно, если были известны Q_L и $\operatorname{tg}\delta_C$ из предыдущих измерений. Тогда

$$Q_к = \frac{Q_L}{1 + Q_L \operatorname{tg} \delta_C}.$$

Собственная частота контура $\omega_к$. Если в предыдущем измерении учесть частоту генератора f и емкость контура C_x и $C_{\min}$, то собственная резонансная частота контура

$$f_к = f\sqrt{1 + \frac{C_{\min}}{C_x}}$$

или приблизительно

$$f_к = f\left(1 + \frac{C_{\min}}{2C_x}\right); \text{ тогда } \omega_к = 2\pi f_к.$$

Основные характеристики приборов для измерения параметров компонентов и цепей с сосредоточенными постоянными приведены в табл. 38.

ИЗМЕРИТЕЛИ ДОБРОТНОСТЕЙ

Измеритель добротности Е9-1 (куметр)

Универсальный прибор, с помощью которого можно измерить индуктивность катушки L, ее качество (добротность) Q_L, сопротивление катушки r_L и собственную емкость катушки C_L; емкость конденсатора C, тангенс угла потерь конденсатора tg δ, качество (добротность) контура $Q_к$.

Основные технические характеристики

1. Частотные характеристики:

диапазон генератора 50 кГц — 50 МГц с непосредственным отсчетом частоты;

точность установки частоты по шкале около ±1%.

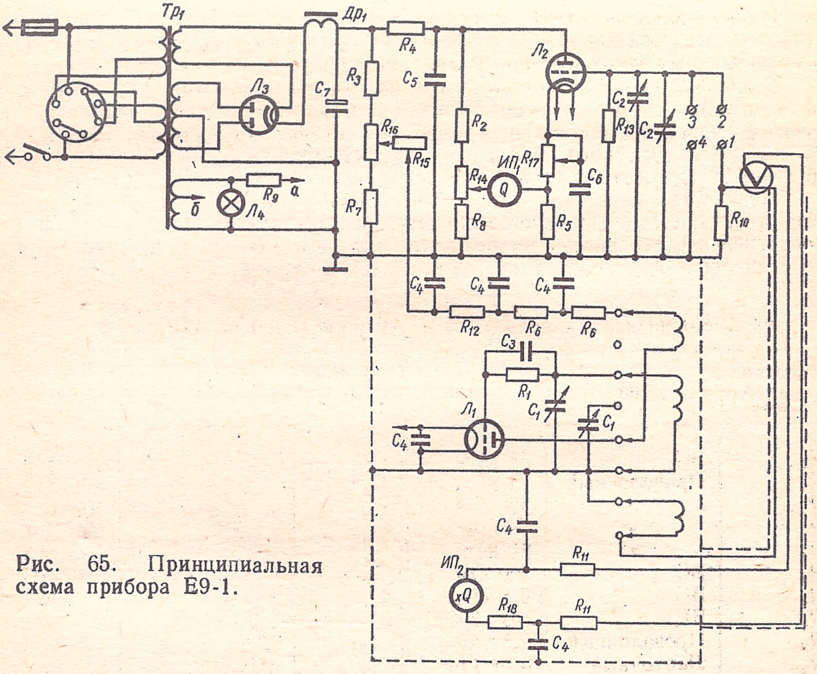


Рис. 65. Принципиальная схема прибора Е9-1.

2. Характеристики прецизионного конденсатора измерительного контура:

пределы изменения емкости прецизионного конденсатора от 30 до 450 пФ с непосредственным отсчетом величины емкости по шкале;

погрешность градуировки прецизионного конденсатора не более ±1%;

подстроечный конденсатор с нониусной шкалой имеет величину изменения емкости ±3 пФ с непосредственным отсчетом через 0,1 пФ.

3. При измерении параметров катушек:

пределы измерения величины индуктивности катушек от 0,1 мкГ до 100 мГ с непосредственным отсчетом по шкале измерительного конденсатора;

измеряемые величины добротности катушек индуктивности в пределах 25—625;

погрешность измерения добротности не превышает ±5% на частотах до 30 МГц и ±10% свыше 30 МГц.

4. При измерении параметров конденсаторов:

измеряемые величины емкости конденсаторов до 420 пФ с отсчетом по шкале прецизионного конденсатора;

измеряемые величины тангенса угла потерь конденсатора не более чем до 0,25;

погрешность измерения тангенса угла потерь не превышает ±6% на частотах до 30 МГц и ±12% свыше 30 МГц.

5. При измерении параметров контура:

пределы измерения величины добротности контура 25—625;

погрешность измерения добротности не превышает ±5% на частотах до 30 МГц и ±10% свыше 30 МГц.

6. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 127 или 220 В. Потребляемая мощность около 60 Вт.

Схема прибора

Принципиальная схема куметра Е9-1 (рис. 65) состоит из высокочастотного генератора напряжения с измерителем выхода, измерительного контура с прецизионным конденсатором и ламповым вольтметром, выпрямителя.

Высокочастотный генератор собран на лампе $Л_1$ по схеме с индуктивной обратной связью. Переключением семи катушек сеточного контура обеспечивается переход с одного поддиапазона на другой. В пределах поддиапазона частота плавно изменяется сдвоенным конденсатором переменной емкости C_1 (на IV и VII поддиапазонах одна секция блока конденсаторов отключается).

Индуктивно связанная с сеточным контуром катушка питает нагрузочное сопротивление R_{10} очень малой величины (0,04 Ом), которое определяет выходное сопротивление генератора напряжения. Ток, протекающий через нагрузочное сопротивление R_{10}, контролируется термоамперметром.

39. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Е9-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС	33 кОм	C_1	—	722 пФ
R_2	Проволочный	25 кОм	C_2	—	477 пФ
R_3	»	300 Ом	C_3	КСО	100 пФ
R_4	»	1 кОм	C_4	КСО	3900 пФ
R_5	»	21 кОм	C_5	КСО	5600 пФ
R_6	ВС	200 Ом	C_6	БК	0,1 мкФ
R_7	ВС	2,5 кОм	C_7	КЭ	10 мкФ
R_8	ВК	270—390 Ом	$Л_1$	УО-186	—
R_9	Проволочный	2,3 Ом	$Л_2$	6Г7С	—
R_{10}	Ленточный	0,04 Ом	$Л_3$	5Ц4С	—
R_{11}	Проволочный	25 Ом	$Л_4$	МН-14	6,3В; 0,28А
R_{12}	»	100 Ом	$Тр$	Трансформатор силовой	—
R_{13}	ВС	100 МОм			
R_{14}	Проволочный	250 Ом	$Др$	Дроссель	—
R_{15}	»	4 кОм	$ИП_1$	Микроамперметр	175 мкА
R_{16}	»	8 кОм			
R_{17}	»	4 кОм	$ИП_2$	Микроамперметр	150 мкА
R_{18}	»	10—35 Ом			

Измерительный контур состоит из прецизионного конденсатора с подстройкой C_2 (на схеме два C_2) и объекта измерения: катушки индуктивности L_x (или сменной образцовой катушки) и конденсатора C_x, подключаемого параллельно прецизионному конденсатору C_2. Цепь из L, C и последовательно включенного сопротивления R_{10} образует последовательный колебательный контур.

Ламповым вольтметром измеряется напряжение на контурном конденсаторе C_2. Ламповый вольтметр собран на лампе $Л_2$ по схеме с анодным детектированием. В анодной цепи применена мостовая схема для компенсации начального тока лампы.

Выпрямитель собран на лампе $Л_3$ по двухполупериодной схеме. Напряжение на аноде лампы $Л_1$ высокочастотного генератора, подаваемое от выпрямителя, можно регулировать грубо потенциометром R_{16} и плавно — переменным сопротивлением R_{15}.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Е9-1 приведена в табл. 39.

Подготовка куметра к работе

Все элементы управления куметром выведены на переднюю панель (рис. 66).

Для подготовки куметра к работе необходимо:

1. Проверить соответствие положения переключателя сети величине питающего напряжения.
2. Ручку «множитель грубо» повернуть против часовой стрелки до упора.
3. Измеряемую катушку (или сменную образцовую катушку) подключить к левой паре клемм, находящихся на верхней панели прибора.

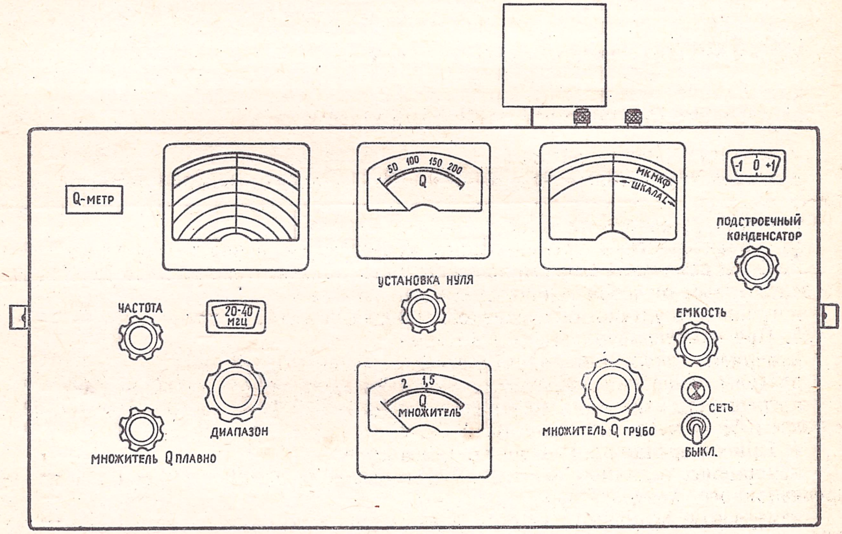


Рис. 66. Вид передней панели прибора Е9-1.

4. Переключатель поддиапазонов поставить на требуемый поддиапазон и по шкале частот установить нужную частоту.
5. Подключить кабель питания к сети.
6. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прогреться прибору в течение 1—2 мин.

7. Установить стрелку прибора «Q» на нуль.

8. Установить величину тока нагрузочного сопротивления по шкале прибора «множитель Q» ручкой «множитель Q грубо».

9. Настроить колебательный контур в резонанс на заданной частоте прецизионным конденсатором по наибольшим показаниям прибора «Q».

10. Дополнительно отрегулировать (если необходимо) величину тока ручками «множитель Q грубо» и «множитель Q плавно» по шкале прибора «множитель Q» так, чтобы удобно было определить величину по шкале прибора «Q».

Качество (добротность) измеряемого объекта определяется по формуле

$$Q_x = kQ,$$

где Q — показания прибора по шкале «Q» при настроенном в резонанс контуре; k — показания прибора по шкале «множитель Q».

Подготовленный к работе куметр типа Е9-1 можно использовать для различных видов измерений. Для измерения параметров конденсатора он подключается к правым клеммам на верхней панели прибора (задняя клемма «земля»).

Для измерения параметров контура катушка и конденсатор подключаются раздельно: катушка к левым клеммам *1—2*, а конденсатор — к правым *3—4*. При этом прецизионный конденсатор устанавливается на минимальную емкость. Следует учитывать, что резонансная частота контура при подключении его к клеммам прибора понизится, так как параллельно конденсатору измеряемого контура оказывается подсоединенной емкость схемы около 27 пФ.

Измеритель добротности Е9-2

Основные технические характеристики

1. Частотные характеристики:

диапазон частот генератора 26—220 МГц с непосредственным отсчетом частоты;

точность установки частоты ±1%.

2. Характеристики прецизионного конденсатора измерительного контура:

пределы изменения емкости прецизионного конденсатора от 13 до 65 пФ с непосредственным отсчетом величины емкости по шкале;

погрешность установки прецизионного конденсатора не более ±1% (0,5 пФ).

3. При измерении параметров катушек:

измеряемые величины индуктивности катушек 0,01—3 мкГ;

пределы измерения добротности катушек индуктивности от 80 до 1200;

погрешность измерения добротности не более ±10% на частотах до 100 МГц и более 10% на частотах свыше 100 МГц.

4. При измерении параметров конденсаторов:

измеряемые величины емкости конденсаторов до 52 пФ с отсчетом по шкале прецизионного конденсатора;

измеряемые величины тангенса угла потерь конденсатора не более чем до 0,01;

погрешность измерения тангенса угла потерь не более ±12% на частотах до 10 МГц.

5. При измерении параметров контуров:

измеряемые величины добротности контуров от 80 до 1200;

погрешность измерения добротности не более ±10% на частотах до 100 МГц и более 10% на частотах свыше 10 МГц.

6. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 127 и 220 В. Потребляемая мощность около 60 Вт.

Схема прибора

Принципиальная схема куметра Е9-2 (рис. 67) состоит из высокочастотного генератора напряжения с измерителем выходного напряжения, измерительного контура с прецизионным конденсатором и ламповым вольтметром, выпрямителя.

Высокочастотный генератор собран на лампе по схеме с емкостной обратной связью. Переключением трех катушек контура обеспечивается переход с одного поддиапазона на другой. В пределах поддиапазона частота плавно изменяется сдвоенным конденсатором переменной емкости C_3.

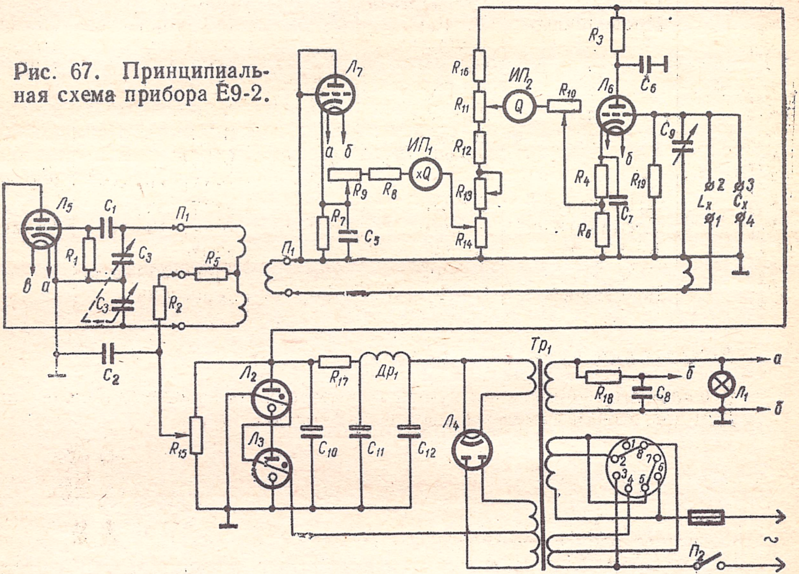


Рис. 67. Принципиальная схема прибора Е9-2.

Индуктивно связанная с контуром генератора катушка питает отрезок коаксиальной линии, нагруженный на очень малую индуктивность. Величина индуктивного сопротивления определяет выходное сопротивление генератора напряжения. Напряжение на индуктивности в конце коаксиальной линии контролируется диодным ламповым вольтметром, собранным на лампе $Л_7$.

Измерительный контур состоит из прецизионного конденсатора C_9 и объекта измерения: катушки индуктивности L_x и конденсатора C_x, подключаемого параллельно прецизионному конденсатору C_9. Цепь из L_x, C_x и последовательно включенной индуктивности (в конце коаксиальной линии) образует последовательный колебательный контур.

Напряжение на контурном конденсаторе измеряется ламповым вольтметром.

Ламповый вольтметр собран на лампе $Л_6$ по схеме с анодным детектированием. В анодной цепи применена мостовая схема для компенсации начального анодного тока лампы.

Выпрямитель собран на лампе $Л_4$ по двухполупериодной схеме. Напряжение на аноде лампы $Л_5$ высокочастотного генератора, подаваемое от выпрямителя, можно регулировать потенциометром R_{15}. Этим достигается изменение величины высокочастотного напряжения.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Е9-2 приведена в табл. 40.

40. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Е9-2

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,25	27 кОм	C_5	КСО	250 пФ
R_2—R_4	ВС-0,25	1 кОм	C_6, C_7	КСО (специальный)	500 пФ
R_5	ВС-0,25	56 Ом			
R_6, R_7	ВС-0,5	27 кОм	C_8	КСО (специальный)	250 пФ
R_8	ВС-0,5	15—20 кОм			
R_9	Проволочный	10 кОм	C_9	Воздушный	15—65 пФ
R_{10}	»	4 кОм	C_{10}—C_{12}	КЭ	10 мкФ
R_{11}	»	250 Ом	$Л_1$	МН-14	6,3В; 0,28А
R_{12}, R_{13}	»	1 кОм	$Л_2$, $Л_3$	СГЗС	—
R_{14}	»	250 Ом	$Л_4$	5Ц4С	—
R_{15}	»	20 кОм	$Л_5$	6С1П	—
R_{16}	»	2×20 кОм	$Л_6$, $Л_7$	6С1Ж	—
R_{17}	ПО	2	$ИП_1$	Микроамперметр	200 мкА
R_{18}	Проволочный	0,8 Ом			
R_{19}	Специальный	3 МОм	$ИП_2$	Микроамперметр	50 мкА
C_1	КТК-1-М	20 пФ			
C_2	КСО-2	270 пФ	$Тр_1$	Трансформатор	—
C_3	Воздушный	2—120 пФ	$Др_1$	Дроссель	—

Подготовка куметра к работе

Все элементы управления куметром выведены на переднюю панель (рис. 68). Для подготовки куметра к работе необходимо:

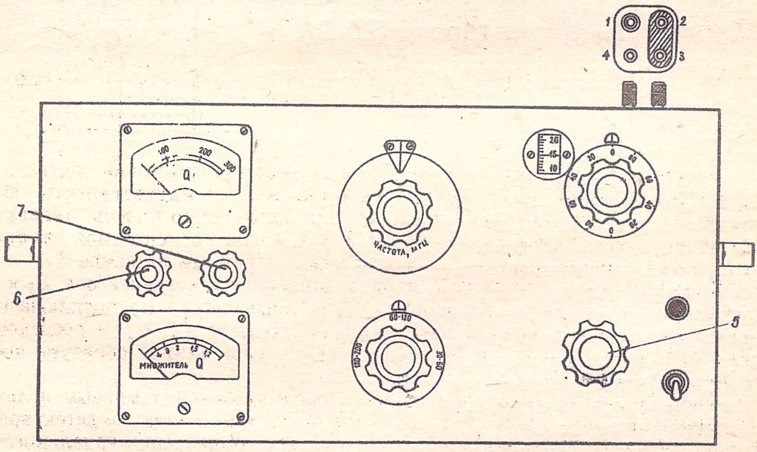


Рис. 68. Вид передней панели прибора Е9-2.

1. Проверить соответствие положения переключателя сети величине питающего напряжения.

2. Ручку установки величины выходного напряжения повернуть против часовой стрелки до упора.

3. Исследуемую катушку подключить к задней паре клемм, находящихся на верхней панели прибора.

4. Переключатель поддиапазонов поставить на требуемый поддиапазон и по шкале частот установить нужную частоту.

5. Подключить кабель питания к сети.

6. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прогреться прибору 1—2 мин.

7. Установить ручками *7* и *6* соответственно стрелки прибора «Q» и «множитель Q» на нуль.

8. Установить стрелку прибора на «1» по шкале «множитель Q».

9. Настроить в резонанс колебательный контур на заданной частоте прецизионным конденсатором по наибольшим показаниям прибора «Q».

10. Ручкой *5* дополнительно отрегулировать величину выходного напряжения по шкале «множитель Q» так, чтобы удобно было определить величину Q_x по шкале прибора «Q».

Качество (добротность) измеряемого объекта определяется по формуле

$$Q_x = KQ,$$

где Q — показания прибора «Q» при настроенном в резонанс контуре; K — показания прибора по шкале «множитель Q».

Подготовленный к работе куметр типа Е9-2 можно применять для различных измерений. Для измерений параметров конденсатора последний подключается к передним клеммам *3*, *4* на верхней панели прибора (левая клемма «земля»).

Для измерения параметров контура катушку и конденсатор подключают раздельно: катушку к задним клеммам *1*, *2*, а конденсатор — к передним *3*, *4*. При этом прецизионный конденсатор устанавливают на минимальную емкость по своей шкале. Следует учитывать, что резонансная частота контура при подключении его к клеммам прибора понизится, так как параллельно контурному конденсатору оказывается подсоединенной емкость конденсатора около 13 пФ.

Измеритель добротности Е9-5А

Основные технические характеристики

1. Частотные характеристики:

диапазон частот генератора 15—250 МГц с непосредственным отсчетом частоты;

точность установки частоты ±1%.

2. Характеристики прецизионного конденсатора измерительного контура:

пределы изменения емкости прецизионного конденсатора от 10 до 100 пФ;

погрешность установки емкости прецизионного конденсатора не более ±1 пФ.

3. При измерении параметров катушек:

измеряемые величины индуктивности катушек 0,005—10 мкГ;

пределы измерения добротности катушек индуктивности от 5 до 1200;

погрешность измерения добротности не более ±10% на частотах до 100 МГц и более ±10% на частотах свыше 100 МГц.

4. При измерении параметров конденсаторов:

измеряемые величины емкости конденсаторов до 90 пФ с отсчетом по шкале прецизионного конденсатора;

погрешность измерения емкости конденсатора не более ±1 пФ.

5. При измерении параметров контуров:

измеряемые величины добротности контуров от 5 до 1200;

погрешность измерения добротности не более ±10% на частотах до 100 МГц и более ±10% на частотах свыше 100 МГц.

6. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц ± 1% напряжением 220 В ±10%. Потребляемая мощность не более 130 ВА.

7. Вес прибора 13 кг, габаритные размеры 450 × 250 × 330 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема куметра Е9-5А (рис. 69) состоит из высокочастотного генератора напряжения с измерителем выходного напряжения, измерительного контура с прецизионным конденсатором, электронного Q-вольтметра и блока питания.

Генератор собран по двухтактной схеме с емкостной обратной связью на лампе $Л_1$.

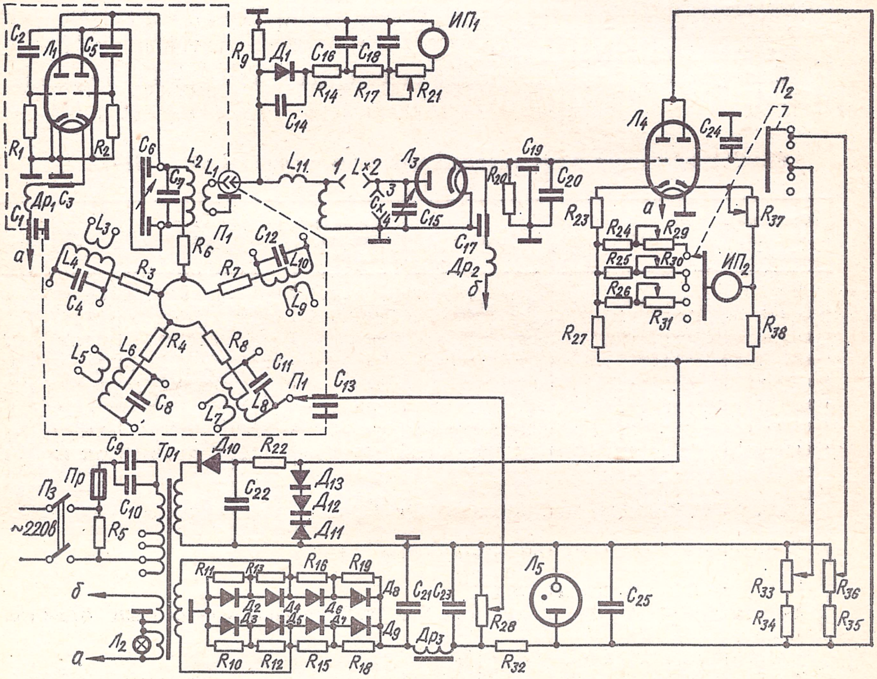

C2
Л1
C5
R1
R2
C3
Др1
C1
a
C6
C7
L2
L1
L3
L4
C4
R3
R6
П1
R7
C12
L10
L9
L5
L6
R4
C8
R8
C11
L8
L7
П1
C13
R9
Д1
C16
C18
ИП1
R14
R17
R21
C14
L11
1
Lx
2
3
Cx
4
Л3
C15
C17
Др2
б
R20
C19
C20
Л4
C24
П2
R23
a
R24
R29
R25
R30
R26
R31
ИП2
R37
R27
R38
C9
Тр1
Д10
R22
Пр
П3
~220в
C10
R5
C22
Д13
Д12
Д11
б
Л2
a
R11
R13
R16
R19
Д2
Д4
Д6
Д8
Д3
Д5
Д7
Д9
R10
R12
R15
R18
C21
C23
Др3
R28
R32
Л5
C25
R33
R34
R36
R35

Рис. 69. Принципиальная схема прибора Е9-5А.

Изменение частоты генератора осуществляется:

грубо — переключением контурных катушек L_2, L_4, L_6, L_8 и L_{10} с конденсаторами C_7, C_4, C_8, C_{11} и C_{12} при помощи переключателя $П_1$, ручка которого на передней панели (рис. 70) имеет обозначение «диапазоны»;

плавно — при помощи дифференциального конденсатора C_6, ручка которого имеет обозначение «частота MHz».

Выходное напряжение генератора регулируется изменением анодного напряжения при помощи потенциометра R_{28}, ручка которого обозначена «установка K».

Напряжение в измерительный контур, образованный катушкой индуктивности (измеряемой или образцовой из комплекта прибора) и измерительным конденсатором переменной емкости C_{15}, вводится с катушки L_{12} делителя связи.

Напряжение на входе делителя измеряется вольтметром уровня, работающим на диоде $Д_1$ со стрелочным прибором $ИП_1$, шкала которого имеет обозначение «коэфф. уровня K».

Q-вольтметр собран по схеме диодного детектора ($Л_3$) и моста усилителя постоянного тока с лампой $Л_4$ в одном из плеч. Индикаторный прибор $ИП_2$ включен в измерительную диагональ моста. Чувствительность индикатора изменяется переключением добавочных сопротивлений к стрелочному прибору R_{24}, R_{29}, R_{25}, R_{30} и R_{26} с R_{31} при помощи переключателя $П_2$, ручка которого имеет обозначение «шкалы Q». Для установки баланса мостовой схемы в зависимости от вида измерений используется либо резистор R_{37}, либо один из R_{29}, R_{30}, R_{31}. Ручки этих регулировок имеют обозначение «нуль Q» и «нуль ΔQ» соответственно.

Питание прибора осуществляется через феррорезонансный стабилизатор с последующей стабилизацией выпрямленного напряжения для питания лампы мостовой схемы при помощи стабилитрона $Л_5$. Напряжение смещения стабилизируется схемой на диодах $Д_{11}$—$Д_{13}$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Е9-5А приведена в табл. 41.

41. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Е9-5А

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1, R_2	МЛТ-0,5	8,2 кОм	C_6	Специальный	4,28 пФ
R_3, R_4	МЛТ-0,5	820 Ом	C_7	КТ-1а-П120	1,5 пФ
R_5	МЛТ-1	220 кОм	C_8	КТ-1а-М75	2,2 пФ
R_6—R_8	МЛТ-0,5	820 Ом	C_9	МБГП-2-1000-А	2 мкФ
R_9	МЛТ-0,5	100 Ом	C_{10}	МБГП-2-1000	1 мкФ
R_{10}—R_{13}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_{11}	КТ-1а-М75	2,2 пФ
R_{14}	ВС-0,125	30 Ом	C_{12}	КТ-1а-П120	3,3 пФ
R_{15}, R_{16}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_{13}	КТП-3Аа	0,015 мкФ
R_{17}	МЛТ-0,5	15 кОм	C_{14}	КПКТ	2—20 пФ
R_{18}, R_{19}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_{15}	Специальный	100 пФ
R_{20}	КЛМ-1	22 МОм	C_{16}	КО-2б	4700 пФ
R_{21}	ППЗ-41	15 кОм	C_{17}	КТП-2Аа	330 пФ
R_{22}	МЛТ-0,5	2,2 кОм	C_{18}	КО-2б	4700 пФ
R_{23}	МЛТ-0,5	1 кОм	C_{19}	КТП-2Аа	330 пФ
R_{24}	МЛТ-0,5	6,8 кОм	C_{20}	КД-2а-Н70	6800 пФ
R_{25}	МЛТ-0,5	39 кОм	C_{21}	К50-3-300	30 мкФ
R_{26}	МЛТ-0,5	4,7 кОм	C_{22}	КЭ-2-50	30 мкФ
R_{27}	МЛТ-0,5	62 кОм	C_{23}	К50-3-300	30 мкФ
R_{28}	Специальный	20 кОм	C_{24}	КД-2а-Н70	6800 пФ
R_{29}	ППЗ-41	4,7 кОм	C_{25}	КСО-2-500-Б	1000 пФ
R_{30}	ППЗ-41	15 кОм	$Л_1$	6Н3П	—
R_{31}	ППЗ-41	4,7 кОм	$Л_2$	МН-14	6,3В; 0,28А
R_{32}	МЛТ-2	1,5 кОм	$Л_3$	2Д1С	—
R_{33}	ППЗ-41	1,5 кОм	$Л_4$	6Н2П-В	—
R_{34}	МЛТ-0,5	180 кОм	$Л_5$	СГ1П	—
R_{35}	МЛТ-0,5	120 кОм	$Тр_1$	Трансформатор феррорезонансный	—
R_{36}	СП-I-1-А	4,7 кОм			
R_{37}	СП-I-1-А	1 кОм			
R_{38}	МЛТ-0,5	62 кОм	$Др_1$, $Др_2$	Д1,2-10±5%	—
C_1	КТП-1Аа	3300 пФ	$Др_3$	Д15-10-0,05	—
C_2	КД-1а-М75	4,3 пФ	$ИП_1$, $ИП_2$	М24 кл. 1,0	100 мкА
C_3	КТП-1Аа	3300 пФ	$Д_1$	Д405	—
C_4	КТ-1а-П120	1,5 пФ	$Д_2$—$Д_{10}$	Д226Б	—
C_5	КД-1а-М75	4,3 пФ	$Д_{11}$—$Д_{13}$	Д813	—

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 70), клеммы L_x и C_x выведены на верхнюю панель прибора. Фишка для подключения кабеля питания расположена на задней стенке.

Для подготовки прибора к работе наобходимо:

1. Переключатель «сеть» установить в положение выключено.
2. Ручку «установка К» повернуть против часовой стрелки до упора.
3. Переключатель «диапазоны» установить в промежуточное положение.

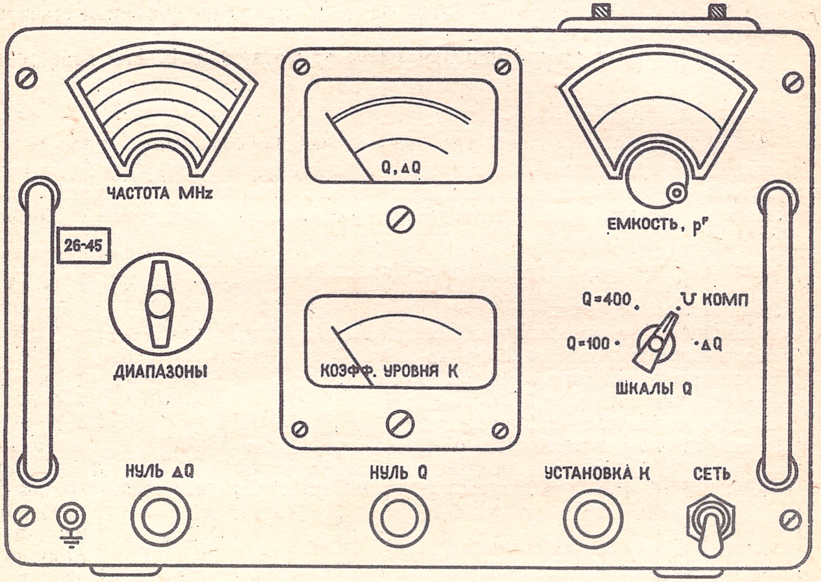


Рис. 70. Вид передней панели прибора Е9-5А.

4. Подключить кабель питания к фишке прибора и к сети 220 В.
5. Перевести переключатель «сеть» в положение включено. При этом должен появиться подсвет шкал. Дать прибору прогреться в течение 15 мин.
6. Установить переключатель «шкалы Q» в положение «100» или «400».
7. Ручкой «нуль Q» установить стрелку прибора Q-вольтметра на нуль.
8. Подключить к соответствующим клеммам, расположенным сверху прибора, катушку индуктивности L_x (и конденсатор C_x).
9. Ручками «диапазоны» и «частота MHz» установить необходимую частоту генератора.
10. Настроить в резонанс колебательный контур на заданную частоту прецизионным конденсатором по наибольшим показаниям Q-вольтметра.
11. Ручкой «установка К» дополнительно отрегулировать величину выходного напряжения по шкале «коэфф. уровня К» так, чтобы было удобно определять величину Q_x по шкале Q-вольтметра.

Добротность измеряемого объекта определяется по формуле

$$Q_x = KQ,$$

где K — показания прибора «коэфф. уровня К»; Q — показания Q-вольтметра при настроенном в резонанс контуре.

Подготовленный к работе куметр типа Е9-5А можно применять для различных измерений. Для измерения параметров конденсатора его подключают к передним клеммам *3*, *4* на верхней панели прибора (левая клемма «земля»). Для измерения параметров контура катушку и конденсатор подключают раздельно: катушку к задним клеммам *1*, *2*, а конденсатор — к передним *3*, *4*. При этом прецизионный конденсатор устанавливают на минимальную емкость. Следует учитывать, что резонансная частота при подключении конденсатора к клеммам прибора понизится, так как параллельно контурному конденсатору оказывается подключена емкость около 10 пФ.

ИЗМЕРИТЕЛИ ПАРАМЕТРОВ УНИВЕРСАЛЬНЫЕ

Универсальный мост Е12-2

Предназначен для измерения сопротивления постоянному току, емкости конденсаторов и индуктивности катушек, а также добротности конденсаторов и катушек индуктивности в условиях лабораторий и ремонтных мастерских.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения:
сопротивления постоянному току от 0,1 Ом до 5 МОм;
емкости конденсаторов от 10 пФ до 100 мкФ;
индуктивности катушек от 10 мкГ до 100 Г;
тангенса угла потерь от 0,001 до 0,1;
добротности катушек от 1 до 100.

2. Основная погрешность измерения сопротивления:

не более $\pm\left(1+\frac{2}{R}\right)$ % для сопротивлений от 0,1 Ом до 1 МОм (в формуле R — в омах);

не более 3% для сопротивлений от 1 до 5 МОм.

3. Основная погрешность измерения емкостей:

не более $\pm\left(1+\frac{200}{C}\right)$ % для емкостей от 10 пФ до 10 мкФ, измеренных на частоте 1000 Гц (в формуле C — в пикофарадах);

не более 3% для емкостей от 10 до 100 мкФ, измеренных на частоте 100 Гц.

4. Основная погрешность измерения индуктивности:

не более $\pm\left(1+\frac{200}{L}\right)$ % для индуктивностей от 10 мкГ до 1 Г, измеренных на частоте 1000 Гц, и для индуктивностей от 1 до 10 Г, измеренных на частоте 100 Гц (в формуле L — в микрогенри);

не более 3% для индуктивностей от 10 до 100 Г, измеренных на частоте 100 Гц.

5. Основная погрешность измерения тангенса угла потерь не более $\pm\left(10+\frac{0{,}1}{\operatorname{tg}\delta}\right)$ %.

6. Основная погрешность измерения добротности катушек не более $\pm(10+0{,}1Q)$ %.

7. При питании моста от внешнего источника:

погрешность измерения емкости не более $\left(1{,}5+\frac{200}{C}\right)$ % для емкостей от 10^{-5} до 1 мкФ и не более 5% для емкостей от 1 до 100 мкФ в диапазоне частот от 100 до 3000 Гц;

погрешность измерения индуктивности не более $\left(2+\frac{200}{L}\right)\%$ для индуктивностей в пределах от 10^{-5} до 0,5 Г на частоте от 100 до 3000 Гц и более 5% для индуктивностей от 0,5 до 10 Г на частоте от 100 до 1000 Гц;

погрешность измерения тангенса угла потерь на частоте 1000 Гц не более $\pm\left(20+\frac{0{,}1}{\operatorname{tg}\delta}\right)\%$;

погрешность измерения добротности на частоте 1000 Гц не более $\pm(20+0{,}1\ Q)\%$.

8. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 127 и 200 В. Потребляемая мощность не более 40 ВА.

9. Вес прибора не более 20 кг, габаритные размеры 510 × 317 × 314 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора (рис. 71) состоит из схем для измерения сопротивлений (рис. 72, *а*), емкости (рис. 72, *б*) и индуктивности (рис. 72, *в*), выпрямителя и генератора.

Схема измерения сопротивления постоянному току представляет собой четырехплечий мост постоянного тока (рис. 72, *а*). Два плеча моста образованы резисторами R_{10}—R_{21}, третье плечо — резистором R_9. Четвертым плечом моста служит измеряемое сопротивление, подключаемое к входным гнездам, выведенным на переднюю панель прибора с обозначением «R—C—L». Напряжение питания моста подводится от выпрямителя к генераторной диагонали.

Баланс моста устанавливается:

грубо — переключением резисторов при помощи переключателей $П_6$ и $П_7$, ручки которых на передней панели обозначены «множитель» и «отсчет»;

плавно — изменением сопротивления резистора R_4, ручка которого на передней панели обозначена «отсчет».

К диагонали моста подключен индикатор баланса, который представляет собой вибропреобразователь и детектор по схеме АРЧ. Напряжение разбаланса моста преобразуется вибропреобразователем *Вп* в переменное напряжение частотой 100 Гц. Это напряжение подается на анодный детектор, собранный на лампе $Л_4$. Индикатором продетектированного напряжения служит микроамперметр *ИП*. Начальный ток лампы компенсируется мостовой схемой, образованной резисторами R_{42}, R_{43} с лампой $Л_4$, R_{47}, R_{50}, нижней и верхней (по схеме) частями потенциометра R_{46}. Нуль вольтметра устанавливается потенциометром R_{46}, ручка которого выведена на переднюю панель с обозначением «установка нуля». Напряжение смещения на лампу $Л_4$ подается с сопротивления R_{36} за счет общего анодного тока. В схеме индикатора баланса предусмотрена автоматическая регулировка чувствительности анодного детектора. Для этого в приборе имеется избирательный усилитель на частоту 100 Гц, собранный на лампах $Л_5$ и $Л_6$ по схеме на сопротивлениях. Избирательное усиление получается за счет применения в цепи обратной связи двойного Т-моста *RC* (C_{28}, C_{26}, C_{27}, C_{29}, R_{53}, R_{54}, R_{55}, R_{56}, C_{23}, C_{24}, C_{25} — на 100 Гц). Напряжение на вход усилителя подается с нагрузки анодного детектора (R_{42}, R_{43}). Усиленное напряжение детектируется диодом $Д_3$. Выпрямленное напряжение с нагрузки детектора R_{67} подается на сетку лампы анодного детектора. При большом разбалансе основного моста большее отрицательное напряжение будет подаваться на сетку лампы, а значит, чувствительность анодного детектора будет меньше. Это обеспечивает работу индикатора без переключений и высокую его чувствительность при малых разбалансах моста.

Схема измерения емкости конденсаторов представляет собой четырехплечий мост переменного тока (рис. 72, *б*). Два плеча моста образованы активными сопротивлениями резисторов R_4—R_8, R_{10}—R_{21}. Третье плечо образовано сопротивлениями резисторов R_1, R_2, R_3 и емкостью конденсатора

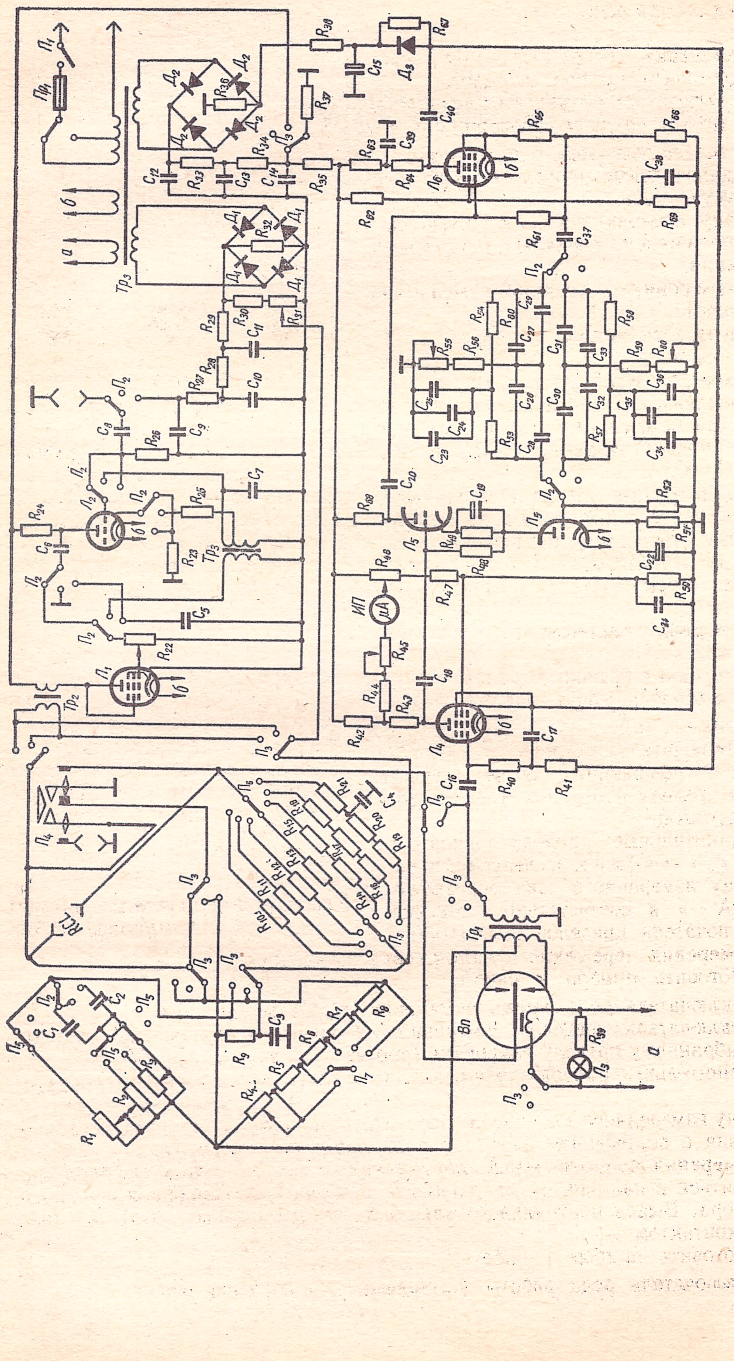

П1
Пр
а
б
Тр3
Д1
Д2
Д3
R36
R33
C12
C13
R34
C14
П3
R38
C15
R67
R37
C40
R35
R63
C39
R64
Л6
R65
R66
C38
R69
R62
R61
C37
П2
R32
R29
R30
R31
C11
R28
R27
C10
C9
C8
R26
Л2
R24
C6
R25
C7
R23
C5
R22
Л1
Тр2
R68
C20
R54
C29
C27
C31
C33
R58
R55
R56
C25
C24
C23
R53
C26
C28
C30
C32
R57
R59
R60
C36
C35
C34
R52
R51
C19
R49
R48
Л5
R46
R47
ИП
μA
R45
R44
R43
R42
C18
Л4
C17
R40
R41
C16
C22
R50
C21
П6
R21
C4
R20
R18
R15
R13
R12
R11
R10
R14
R16
R17
R19
П4
RCL
П5
Тр4
Вп
R39
R9
R8
R7
R6
R5
R4
П7
C1
C2
C3
R1
R2
R3

Рис. 71. Принципиальная схема прибора Е12-2.

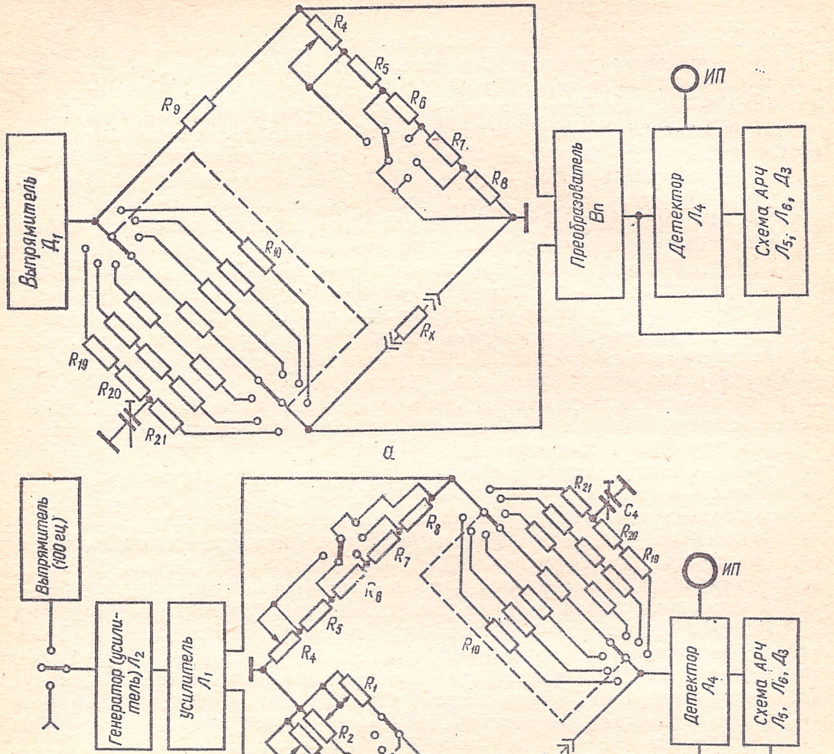

Выпрямитель Д1
R9
R4
R5
R6
R7
R8
R10
R19
R20
R21
Rx
Преобразователь Вп
Детектор Л4
Схема АРЧ Л5, Л6, Д3
ИП
а
Выпрямитель (100 гц)
Генератор (усилитель) Л2
Усилитель Л1
Внешний генератор
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R10
R19
R20
R21
C1
C2
C4
Cx
Детектор Л4
Схема АРЧ Л5, Л6, Д3
ИП
б
Выпрямитель (100 гц)
Генератор (усилитель) Л2
Усилитель Л1
Внешний генератор
C1
C2
C4
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R10
R19
R20
R21
Lx
Детектор Л4
Схема АРЧ Л5, Л6, Д3
ИП
в

Рис. 72. Схемы прибора Е12-2 для измерения: *а* — сопротивления; *б* — емкости и добротности конденсаторов; *в* — индуктивности и добротности катушек.

C_1 или C_2, включенными в зависимости от частоты напряжения, питающего мост. Четвертым плечом служит емкость измеряемого конденсатора, подключаемого к клеммам «R — C — L» на передней панели.

Мост питается переменным напряжением частотой 1000 или 100 Гц. Напряжение частотой 1000 Гц вырабатывается генератором, работающим на лампе $Л_2$ по схеме самовозбуждения с автотрансформаторной схемой обратной связи. Вырабатываемое генератором напряжение подается на мост через буферный усилитель, работающий на лампе $Л_1$ по трансформаторной схеме.

Напряжение частотой 100 Гц получается выделением второй гармоники напряжения после двухполупериодного выпрямителя, собранного по мостовой схеме на диодах ДГ-Ц4. Это напряжение после фильтра (R_{27} — R_{29}, C_9 — C_{11}) подается на сетку лампы $Л_2$, работающей в режиме предварительного усиления, а затем усиливается буферным усилителем $Л_1$ и поступает для питания моста.

Схемой прибора предусматривается питание моста от внешнего источника напряжением частотой до 10 000 Гц. В этом случае внутренний генератор $Л_2$ переводится в режим предварительного усилителя.

Величина напряжения, питающего мост, регулируется потенциометром R_{22}, ручка которого на передней панели обозначена «регулировка напряжения».

Баланс моста устанавливается:

грубо — переключением резисторов при помощи переключателей $П_6$ и $П_7$ («множитель» и «отсчет»);

плавно — изменением сопротивления резистора R_4 («отсчет»).

При наличии потерь в конденсаторах баланс фаз в мосте достигается при помощи переменных сопротивлений R_1, R_2, ручка которых выведена на переднюю панель и имеет шкалу для отсчета тангенса угла потерь «tgδ».

Напряжение разбаланса моста подается на сетку лампы анодного детектора $Л_4$. Индикатором разбаланса служит микроамперметр, включенный в мостовую схему, образованную резисторами R_{42}, R_{43} с лампой $Л_4$, R_{47}, R_{50}, нижней и верхней частями потенциометра R_{46} для компенсации начального тока лампы. Автоматическая регулировка чувствительности анодного детектора обеспечивается усилителем АРЧ, описанным выше, с той лишь разницей, что в его схему включаются избирательные цепи на 100 или 1000 Гц (C_{30} — C_{33}, R_{59}, R_{60}, R_{57}, R_{58}, C_{34}, C_{35}, C_{36} — на 1000 Гц). Частота настройки этих цепей переключается одновременно с переключением частоты питающего мост напряжения. При питании моста от внешнего источника избирательные цепи отключаются. Схемой прибора предусматривается возможность измерения внешним ламповым вольтметром напряжения на измеряемом конденсаторе (или катушке). Для этого служат гнезда «внешний вольтметр» и кнопка.

Схема измерения индуктивности представляет собой также четырехплечий мост переменного тока (рис. 72, *в*). От схемы измерения емкости она отличается тем, что образцовая емкость из смежного плеча при измерении емкости переключается в противоположное плечо относительно измеряемой индуктивности.

При добротности катушек меньше 30 фазирующее сопротивление (R_1) подключается параллельно образцовому конденсатору. В остальном схема работает аналогично схеме измерения емкости конденсаторов.

Выпрямитель прибора собран по мостовой схеме и работает на германиевых диодах (ДГ-Ц27) с реостатно-емкостным фильтром.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Е12-2 приведена в табл. 42.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 73). Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в том, что предохранитель-переключатель силового трансформатора установлен в соответствии с напряжением сети.

42. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Е12-2

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	Потенциометр	48 кОм	R_{63}	МЛТ-0,5	30 кОм
R_2	»	160 Ом	R_{61}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_3	»	1600 Ом	R_{65}	МЛТ-0,5	2 кОм
R_4	»	1,1 кОм	R_{66}	МЛТ-0,5	9,1 кОм
R_5—R_9	БИГ-1	1 кОм	R_{67}	МЛТ-0,5	1,5 МОм
R_{10}	БИГ-3	1 Ом	C_1	Образцовый	0,1 мкФ
R_{11}	БИГ-3	10 Ом	C_2	ПГМ-250	1 мкФ
R_{12}	БИГ-2	100 Ом	C_3	КГБ-И	0,1 мкФ
R_{13}	БИГ-3	1 кОм	C_4	КПКТ	2÷20 пФ
R_{14}, R_{15}	БИГ-3	5 кОм	C_5	МБГП-2	0,25 мкФ
R_{16}	БЛП-0,5	1,5—2,4 кОм	C_6	МБГО-2	10 мкФ
R_{17}	БЛП-0,5	47кОм	C_7	КБГ-М2	0,2 мкФ
R_{18}	БЛП-0,5	51 кОм	C_8	МКГ-И	0,1 мкФ
R_{19}	УЛИ-0,5	10—30 кОм	C_9—C_{11}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{20}	УЛИ-0,5	470 кОм	C_{12}—C_{14}	МБГО-2	20 мкФ
R_{21}	УЛИ-0,5	510 кОм	C_{15}	КЭГ-1	200 мкФ
R_{22}	СП-III-0,5Б	100 кОм	C_{16}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{23}	МЛТ-0,5	560 Ом	C_{17}	МБГП-2	0,5 мкФ
R_{24}	МЛТ-2	10 кОм	C_{18}	КСО-5	6200 пФ
R_{25}	ВС-0,25	51 Ом	C_{19}	КЭГ-1	200 мкФ
R_{26}	МЛТ-0,5	510 кОм	C_{20}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{27}—R_{29}	МЛТ-0,5	18 кОм	C_{21}	МБГП-2	10 мкФ
R_{30}	МЛТ-0,5	5,1 кОм	C_{22}	КЭГ-1	200 мкФ
R_{31}	СП-III-2Б	22 кОм	C_{23}	КСО-5	9100 пФ
R_{32}			C_{24}	КСО-5	0,01 мкФ
R_{33}, R_{34}	ПЭВ-7	1 кОм	C_{25}	КСО-2	910 пФ
R_{35}	МЛТ-0,5	2 кОм	C_{26}	КСО-5	9100 пФ
R_{36}	ВС-0,25	30 Ом	C_{27}	КСО-5	0,01 мкФ
R_{37}	ПЭВ-10	6,8 кОм	C_{28}	КСО-2	910 пФ
R_{38}	МЛТ-0,5	51 кОм	C_{29}	КСО-1	470 пФ
R_{39}	ПЭВ-7	1 кОм	C_{30}	КСО-2	1000 пФ
R_{40}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{31}	КСО-2	910 пФ
R_{41}	МЛТ-0,5	510 кОм	C_{32}	КТК-1а-Д	43 пФ
R_{42}	МЛТ-0,5	10 кОм	C_{33}	КСО-1	82 пФ
R_{43}	МЛТ-0,5	220 кОм	C_{34}	КСО-1	1000 пФ
R_{44}	МЛТ-0,5	20 кОм	C_{35}	КСО-2	910 пФ
R_{45}	СПО-0,5	22 кОм	C_{36}	КСО-1	82 пФ
R_{46}	СП-I-2Б	15 кОм	C_{37}	КБГ-М2	0,2 мкФ
R_{47}	МЛТ-0,5	220 кОм	C_{38}	МБГП-2	0,5 мкФ
R_{48}	МЛТ-0,5	680 кОм	C_{39}	МБГО-2	10 мкФ

Продолжение табл. 42

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_{49}	МЛТ-0,5	1 кОм	C_{40}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{50}	МЛТ-0,5	47 кОм	$Л_1$	6П1П	—
R_{51}	МЛТ-0,5	560 Ом	$Л_2$	6С19П	—
R_{52}	МЛТ-0,5	1 МОм	$Л_3$	МП-14	6,3В; 0,28А
R_{53}, R_{54}	МГП-0,5	160 кОм	$Л_4$	6К4П	—
R_{55}	СП-II-2Б	15 кОм	$Л_5$	6Н1П	—
R_{56}	МЛТ-0,5	68 кОм	$Л_6$	6К4П	—
R_{57}, R_{58}	МГП-1	160 кОм	$Д_1$	ДГ-Ц4	—
R_{59}	МЛТ-0,5	68 кОм	$Д_2$	ДГ-Ц27	—
R_{60}	СП-II-2Б	15 кОм	$Д_3$	ДГ-Ц4	—
R_{61}	МЛТ-0,5	1 МОм	*Вп*	ВУ-6,3	—
R_{62}	МЛТ-1	51 кОм	*ИП*	Микроамперметр	—

2. Переключатель сети установить в положение выключено.
3. Ручку «регулировка напряжения» установить в крайнее левое положение.
4. Подключить кабель питания к сети.
5. Включить питание (при этом должна загореться лампочка подсвета шкалы) и дать прибору прогреться в течение 15 мин.

Работа с прибором

Для измерения сопротивления постоянному току необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель «вид измерения» установить в положение «С» или «L», а переключатель «частота гц» — в положение «100».
3. Нажать кнопку и ручкой «установка нуля» установить стрелку индикатора на нуль.
4. Переключатель «вид измерения» перевести в положение «R».
5. Ручкой «регулировка напряжения» установить показания индикатора в пределах 80—100 делений.
6. Ручку «отсчет» повернуть так, чтобы в окне установилась цифра 1; правой ручкой «отсчет» установить показание шкалы, равным 0,5.
7. Ручку «множитель» установить в положение, соответствующее наименьшим показаниям индикатора.
8. Ручками «отсчет» добиться минимальных показаний индикатора. При необходимости чувствительность прибора можно увеличить поворотом ручки «регулировка напряжения» по часовой стрелке.

Измеренную величину сопротивления определяют умножением суммы показаний окна и шкалы на множитель, определяемый в окне над ручкой «множитель».

Для измерения емкости и тангенса угла потерь конденсатора необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель «частота гц» установить в положение «100» или «1000».
3. Переключатель «вид измерения» установить в положение «С».
4. Переключатель «Q, tgδ ×» установить в положение «tgδ × 1».

5. Нажать кнопку и ручкой «установка нуля» установить стрелку индикатора на нуль.

6. Ручкой «регулировка напряжения» установить показания индикатора в пределах 80—100 делений.

7. Ручку «отсчет» установить так, чтобы в окне установилась цифра 1; другой ручкой «отсчет» установить показание шкалы, равным 0,5.

8. Ручкой фазирования моста «tgδ» установить по шкале «tgδ» показания в пределах 0,002—0,005.

9. Ручку «множитель» установить в положение, соответствующее наименьшим показаниям индикатора.

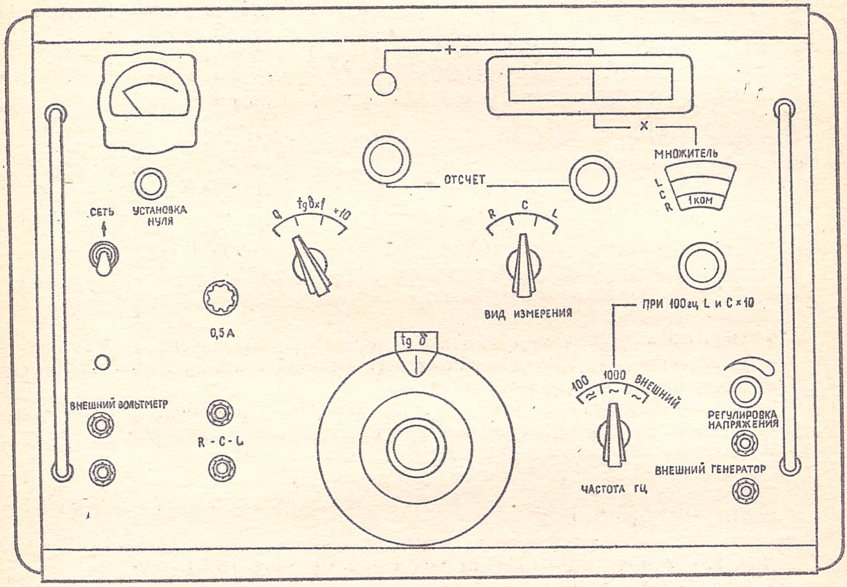

+
x
МНОЖИТЕЛЬ
L
C
R
1 КОМ
ОТСЧЕТ
СЕТЬ
УСТАНОВКА НУЛЯ
Q
tgδ×1
×10
R
C
L
ВИД ИЗМЕРЕНИЯ
ПРИ 100гц L и C×10
0,5 А
tg δ
100
1000
ВНЕШНИЙ
ВНЕШНИЙ ВОЛЬТМЕТР
R - C - L
РЕГУЛИРОВКА НАПРЯЖЕНИЯ
ВНЕШНИЙ ГЕНЕРАТОР
ЧАСТОТА ГЦ

Рис. 73. Вид передней панели прибора Е12-2.

10. Ручками «отсчет» и «tgδ» (баланс фаз) добиться минимальных показаний индикатора. При плохом качестве конденсаторов для получения баланса фаз следует переключатель «Q,tgδ ×» перевести в положение «tgδ × 10».

Величину измерений емкости определяют умножением суммы показаний окна и шкалы на множитель, определяемый в окне «множитель».

При измерениях на частоте 100 Гц значение емкости, найденное, как описано выше, следует умножить на 10.

Величину измеренного тангенса угла потерь отсчитывают по шкале «tgδ» в соответствии с положением переключателя «tgδ ×».

Для измерения индуктивности и добротности катушек необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель «частота гц» установить в положение «100» или «1000».
3. Переключатель «вид измерения» установить в положение «L».
4. Переключатель «Q,tgδ ×» установить:

в положение «Q» при измерении катушек с добротностью до 30;

в положение «tgδ ×» при добротности катушек более 30.

5. Нажать кнопку и ручкой «установка нуля» установить стрелку индикатора на нуль.

6. Ручкой «регулировка напряжения» установить показания индикатора в пределах 80—100 делений.

7. Ручкой «отсчет» установить показания шкалы, равные 0,5.

8. Ручкой «tg δ» установить по шкале «Q» показания в пределах 12—15.

9. Ручку «множитель» установить в положение, соответствующее наименьшим показаниям индикатора.

10. Ручками «отсчет» и «tgδ» добиться минимальных показаний индикатора.

Величина измеренной индуктивности определяется умножением суммы показаний окна и шкалы на множитель, определенный в окне «множитель». При измерениях на частоте 100 Гц величину индуктивности, найденную, как описано выше, следует умножить на 10.

Добротность катушек определяется:

по шкале «Q», если переключатель находится в положении «Q» (добротность менее 30);

по шкале «tgδ» (с учетом множителя ×1, ×10). Добротность катушек в этом случае определяется из соотношения

$$Q = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta},$$

где tgδ — показания, найденные по шкале (с учетом множителя).

Для измерения емкости конденсаторов при питании моста от внешнего источника необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель «частота гц» установить в положение «внешний».

3. Выход внешнего источника (например Г3-2) подключить к клеммам «внешний генератор».

4. Ручку «регулировка напряжения» повернуть по часовой стрелке до упора.

5. Переключатель «вид измерения» установить в положение «С».

6. Переключатель «Q,tgδ» установить в положение «tgδ × 1».

7. Нажать кнопку и ручкой «установка нуля» установить стрелку индикатора на нуль.

8. Включить внешний источник, установить необходимую частоту и, регулируя выходное напряжение его, установить показания индикатора в пределах 80—100 делений.

9. Выполнить пп. 7—10 для измерения емкости конденсаторов при питании моста от внутреннего генератора.

Для измерения индуктивности и добротности катушек при питании моста от внешнего источника необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель «частота гц» установить в положение «внешний».

3. Выход внешнего источника (например Г3-2) подключить к клеммам «внешний генератор».

4. Ручку «регулировка напряжения» повернуть по часовой стрелке до упора.

5. Переключатель «вид измерения» установить в положение «L».

6. Переключатель «Q,tgδ» установить:

в положение «Q» при измерении катушек с добротностью меньше 30;

в положение «tgδ × 1» при добротности катушек более 30.

7. Нажать кнопку и ручкой «установка нуля» установить стрелку индикатора на нуль.

8. Включить внешний источник, установить необходимую частоту и регулировкой выходного напряжения его установить показания индикатора в пределах 80—100 делений.

9. Выполнить пп. 7—10 для измерения индуктивности катушек при питании моста от внутреннего генератора.

ГЛАВА IV

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ (подгруппа М)

При эксплуатации радиоэлектронных устройств для оценки их характеристик чаще всего приходится измерять мощность генератора, или падающую мощность ($P_{\text{пад}}$) и активную мощность, потребляемую нагрузкой, или проходящую мощность ($P_{\text{пр}}$). В соответствии с этим существуют два вида измерителей мощности: ваттметры поглощаемой мощности, измеряющие падающую мощность, и ваттметры проходящей мощности, измеряющие активную мощность, потребляемую нагрузкой.

Для измерения падающей мощности ваттметр поглощаемой мощности включается через линию передачи к выходу генератора (рис. 74).

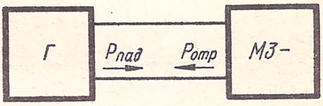


Рис. 74. Структурная схема измерения падающей мощности.

При измерении падающей мощности, отдаваемой генератором *Г*, необходимо обеспечить полное согласование выходного сопротивления исследуемого генератора с линией передачи и с входным сопротивлением ваттметра, чтобы исключить отражения мощности. Для этой цели используются согласующие элементы: трансформаторы, вентили и др. При согласовании сопротивлений и исключении условий отражения падающая мощность от генератора будет поглощаться нагрузкой ваттметра. Показания ваттметра в этом случае (без учета приборной погрешности) соответствуют выходной мощности генератора $P_w = P_{\text{пад}}$.

Так как большинство ваттметров имеет нагрузочные элементы, у которых преобразующий элемент преобразует не всю мощность для ее регистрации, то с учетом коэффициента преобразования мощности η_w

$$P_{\text{пад}} = \frac{P_w}{\eta_w}.$$

Если с линией передачи не согласована только нагрузка ваттметра (коэффициент стоячей волны напряжения K_w, обусловленный отражением от нагрузки ваттметра), падающая мощность, отдаваемая генератором, определяется по формуле

$$P_{\text{пад}} = \frac{P_w}{\eta_w} \cdot \frac{2 + K_w + \frac{1}{K_w}}{4}.$$

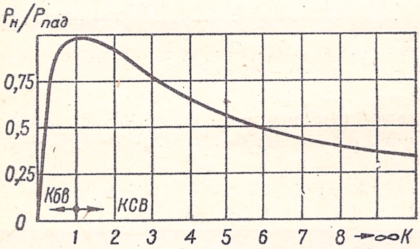


Рис. 75. График зависимости мощности, поглощаемой нагрузкой, от коэффициентов бегущей волны и стоячей волны напряжения.

Зависимость мощности, поглощаемой нагрузкой $P_{\text{н}}$, от коэффициентов бегущей волны (КБВ) и стоячей волны напряжения (КСВ), отнесенной к $P_{\text{пад}}$, которая записывается в виде

$$\frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{пад}}} = \frac{4}{2 + K + \frac{1}{K}},$$

показана кривыми на рис. 75.

В общем случае, когда с линией передачи не согласованы ни генератор, ни нагрузка ваттметра и падающая волна создает многократные отражения от ваттметра и генератора, падающая мощность, воздействующая на ваттметр, будет зависеть от K_{ϖ}, обусловленного коэффициентом отражения от нагрузки, и $K_{г}$, обусловленного коэффициентом отражения от генератора. Комплексными коэффициентами отражения можно пользоваться, если известны их модули и фазы. Однако чаще всего рассогласования измеряют в единицах коэффициента стоячей волны напряжения, что дает лишь модуль коэффициента отражения. При известных $K_{г}$ и K_{ϖ} наибольшие отклонения значений измеряемой мощности $\frac{P_{\varpi 1}}{\eta_{\varpi}}$ и $\frac{P_{\varpi 2}}{\eta_{\varpi}}$ от условно среднеизмеренной мощности $\frac{P_{\varpi \text{ср}}}{\eta_{\varpi}}$ определяются неравенством

$$\frac{P_{\varpi 1}}{\eta_{\varpi}} \geqslant \frac{P_{\varpi}}{\eta_{\varpi}} \geqslant \frac{P_{\varpi 2}}{\eta_{\varpi}},$$

где

$$\frac{P_{\varpi 1}}{\eta_{\varpi}} = P_{\text{пад}} \frac{K_{\varpi}(K_{г}+1)^2}{(K_{г}+K_{\varpi})^2} \quad \text{и} \quad \frac{P_{\varpi 2}}{\eta_{\varpi}} = P_{\text{пад}} \frac{K_{\varpi}(K_{г}+1)^2}{(K_{г}K_{\varpi}+1)^2}.$$

Можно считать, что измеренная мощность с учетом КСВ есть усредненная мощность

$$P_{\varpi} = \frac{P_{\varpi 1} + P_{\varpi 2}}{2},$$

полученная с погрешностью усреднения менее, чем

$$\Delta P_{\varpi} = \frac{P_{\varpi 1} - P_{\varpi 2}}{2} = \frac{\eta_{\varpi} P_{\text{пад}}}{2} \cdot \frac{K_{\varpi}(K_{г}+1)^2 (K_{г}^2 - 1)(K_{\varpi}^2 - 1)}{(K_{г}+K_{\varpi})^2 (K_{г}K_{\varpi}+1)^2}.$$

Тогда усредненная падающая мощность

$$P_{\text{пад}} = \frac{2P_{\varpi}}{\eta_{\varpi}} \cdot \frac{(K_{г}+K_{\varpi})^2 (K_{г}K_{\varpi}+1)^2}{K_{\varpi}(K_{г}+1)^2 [(K_{\varpi}+K_{г})^2 + (K_{\varpi}K_{г}+1)^2]}.$$

Относительная погрешность измерения, обусловленная рассогласованием в тракте генератор — ваттметр, определяется как

$$\alpha_{\varpi} = \frac{\Delta P_{\varpi}}{P_{\varpi}} = \frac{(K_{г}^2 - 1)(K_{\varpi}^2 - 1)}{(K_{г}+K_{\varpi})^2 (K_{г}K_{\varpi}+1)^2}.$$

Пример 1. Измеряется падающая мощность $P_{\text{пад}}$ ваттметром поглощаемой мощности, показания которого равны P_{ϖ}:
для $K_{г} = K_{\varpi} = 1$. После подстановки в формулу усредненной мощности получим

$$P_{\text{пад}} = \frac{P_{\varpi}}{\eta_{\varpi}};$$

для $K_{г} = 1$; $K_{\varpi} \neq 1$. После подстановки получим

$$P_{\text{пад}} = \frac{P_{\varpi}}{\eta_{\varpi}} \cdot \frac{(K_{\varpi}+1)^2}{4K_{\varpi}} = \frac{P_{\varpi}}{\eta_{\varpi}} \cdot \frac{2 + K_{\varpi} + \frac{1}{K_{\varpi}}}{4};$$

для $K_\text{г} \neq 1$ и $K_\varpi \neq 1$. Пусть $K_\text{г} = K_\varpi = 3$. Подставляя эти значения в ту же формулу, получаем

$$P_\text{пад} = \frac{P_\varpi}{\eta_\varpi} \cdot 1{,}1.$$

Погрешность измерения падающей мощности, обусловленная рассогласованием ($K = 3$) в тракте генератор — ваттметр, будет

$$\alpha_\varpi\% < 2\%.$$

При измерении $P_\text{пад}$ по уровню мощности выше верхнего предела измерений ваттметром необходимо применять поглощающий откалиброванный в единицах затухания аттенюатор, согласованный с линией передачи, который включается между генератором и нагрузкой. В этом случае падающая мощность на нагрузку ваттметра уменьшится в $\eta_\text{А}$ раз, а условия согласования с генератором улучшатся. Падающая мощность определится по формуле

$$P_\text{пад} = \eta_\text{А} \frac{2P_\varpi}{\eta_\varpi} \cdot \frac{(K_\text{г} + K_\varpi)^2 (K_\text{г} K_\varpi + 1)^2}{K_\varpi (K_\text{г} + 1)^2 [(K_\text{г} + K_\varpi)^2 + (K_\text{г} K_\varpi + 1)^2]},$$

где $K_\text{г}$ и K_ϖ — коэффициенты стоячей волны напряжения, определенные на участках в линии до аттенюатора и после него.

Пример 2. Рассмотрим те же условия, что и в примере 1, когда $K_\text{г} = K_\varpi = 3$, но используем аттенюатор с затуханием $\eta_\text{А} = 10$, согласованный с линией передачи и включенный между генератором и ваттметром. В этом случае $K_\text{г}$ изменит свое значение, так как изменятся условия многократного отражения, и может быть определен по формуле

$$K'_\text{г} = \frac{\dfrac{K_\text{г} + 1}{K_\text{г} - 1} + \dfrac{1}{\eta_\text{А}}}{\dfrac{K_\text{г} + 1}{K_\text{г} - 1} - \dfrac{1}{\eta_\text{А}}} = \frac{\dfrac{3 + 1}{3 - 1} + \dfrac{1}{10}}{\dfrac{3 + 1}{3 - 1} - \dfrac{1}{10}} = 1{,}1.$$

Тогда при новом значении P_ϖ

$$P_\text{пад} = \eta_\text{А} \frac{P_\varpi}{\eta_\varpi} \cdot 1{,}37 = \frac{P_\varpi}{\eta_\varpi} \cdot 13{,}7.$$

Погрешность измерения, обусловленная рассогласованием, будет

$$\alpha_\varpi\% < 0{,}5\%.$$

Для измерения проходящей мощности ваттметр включается в разрыв линии передачи генератор — нагрузка (рис. 76).

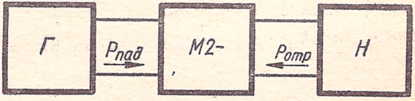


Рис. 76. Структурная схема измерения проходящей мощности.

При измерении проходящей мощности необходимо обеспечить полное согласование генератора и нагрузки с линией передачи и включить в разрыв линии ваттметр проходящей мощности. Рассогласования, обусловленные отражениями от ваттметра проходящей мощности, генератора и нагрузки, могут внести дополнительную погрешность в измерения. Многократные отражения от нагрузки, обоих концов ваттметра и генератора приведут к образованию у нагрузки стоячей волны.

43. Основные характеристики приборов для измерения мощности

Ваттметры проходящей мощности

Тип прибора	Пределы измерения, Вт	Погрешность измерения, %	Диапазон частот, ГГц	Входное сопротивление или сечение
М2-1	10^{-3}—200	10—25	$(0{,}02—2)\cdot 10^{-6}$	$5\cdot 10^{6}$ (40 пФ)
М2-3	50—300	15 при К ⩽ 1,5	11,54—17,14	17×8 мм
М2-4	50—500	15 при К ⩽ 1,5	11,5—9,3	23×10 мм
М2-5	50—500	15 при К ⩽ 1,5	10,0—7,1	28,5×12,6 мм
М2-6	100—10000	15 при К ⩽ 1,5	8,3—5,5	35×15 мм
М2-7	100—1000	15 при К ⩽ 1,5	5,5—3,9	48×24 мм
М2-8	200—1000	15 при К ⩽ 1,5	4,0—2,6	72×34 мм
М2-9	500—2000	15 при К ⩽ 1,5	4,0—2,6	72×34 мм
М2-10	200—1000	15 при К ⩽ 1,5	200—1000	90×45 мм
М2-11	500—2000	15 при К ⩽ 1,5	3,08—2,08	90×45 мм
М2-12	200—2000	15 при К ⩽ 1,5	2,6—1,8	110×55 мм
М2-13	200—2000	15 при К ⩽ 1,5	2,5—1,5	120×57 мм
М2-14	200—2000	15 при К ⩽ 1,5	1,76—1,15	160×80 мм
М2-15	200—2000	15 при К ⩽ 1,5	1,56—1,0	180—85 мм
М2-16	50—1000	15 при К ⩽ 1,5	1,0—1,5	75 Ом
М2-17	50—500	15 при К ⩽ 1,5	1,0—1,48	50 Ом
М2-18	50—500	15 при К ⩽ 1,5	1,5—2,1	50 Ом
М2-19	50—500	15 при К ⩽ 1,5	2,18—3,15	50 Ом
М2-20	50—500	15 при К ⩽ 1,5	3,13—4,28	50 Ом
М2-21	$100—500\cdot 10^{3}$	15 при К ⩽ 1,5	0,5—1,5	75 Ом
М2-22	10^{-3}—0,5	3—8 дБ	0,035—0,230	600—300
М2-23	10^{-3}—0,5	3 дБ	$(1{,}5—35)\cdot 10^{-3}$	600—300
М2-24	$7{,}5\cdot 10^{-3}$—7,5	5—10	$(0{,}050—2)\cdot 10^{-6}$	1 кОм/В
МК2-25	3—3000	5—10	$(0{,}05—5)\cdot 10^{-6}$	500 Ом/В
МК2-26	0,75—3000	5—10	$(0{,}05—5)\cdot 10^{-6}$	500 Ом/В
М2-28	Характеристики аналогичны данным прибора М3-15.			

Ваттметры поглощаемой мощности

Тип прибора	Пределы измерения, Вт	Наибольшая мощность в импульсе, кВт	Погрешность измерения, %	Диапазон частот, ГГц	Входное сопротивление или сечение	Тип головки
М3-1	10^{-4}—1	—	4—10	0,02—3	75 Ом	—
М3-2А	$6\cdot 10^{-6}$— $6\cdot 10^{-3}$	—	10	7—12,09	28,5×12,6 мм 23×10 мм	М5-26 М5-27
М3-2Б	$6\cdot 10^{-6}$— $6\cdot 10^{-3}$	—	10	0,3—3,75	75 Ом 50 Ом	КТ-60
М3-3А	0,25—15	0,005—5	15—20—30	0,03—1,2	75 Ом	КТ-10
М3-4Б (калориметрический)	5—2000	1000	7	2,5—4 8,7—9,6 36,5—37,2	72×34 мм 23×10 мм 7,2×3,4 мм	— — —
М3-5	До 500	0,5—500	30	0,03—1	75 Ом	—
М3-7	До 600	5—2000	20	0,02—2		
М3-8А	10^{-4}—1	—		0,02—3 3—10 7,14—10	75 Ом 50 Ом 28,5×12,6 мм	М5-1 М5-2 М5-3

Продолжение табл. 43

Тип прибора	Пределы измерения, Вт	Наибольшая мощность в импульсе, кВт	Погрешность измерения, %	Диапазон частот, ГГц	Входное сопротивление или сечение	Тип головки
				8,34—10	23×10 мм	М5-4
			6	11,5—16,6	17×8 мм	М5-5
				16,6—25	11×5,5 мм	М5-6
				25—40	7,2×3,4 мм	М5-7
				36,14—52,63	5,6×2,6 мм	М5-36
				52,63—78,95	3,6×1,8 мм	М5-37
М3-9	До 5	5	20	1—3	75 Ом	—
М3-10	$0{,}15 \cdot 10^{-3}$—$75 \cdot 10^{-3}$	—		0,15—3	75 Ом	М5-17
			15—10	2,7—5,6	50 Ом	М5-18
				5,6—8,4	35×15 мм	М5-19
				8,4—11,5	23×10 мм	М5-20
				11,5—14,6	17×8 мм	М5-21
				14,6—16,7	17×8 мм	М5-22
М3-11 (калориметрический)	0,003—10	6	12—8—6	0,001—11,5	50 Ом	—
М3-12	До 0,01	До 10^{-3}	15—20	0,1—10	50 Ом	М5-46
			15	0,1—3,1	75 Ом	М5-47
М3-13 (калориметрический)	20—20000	400	8—7—4	0,03—1,6	75 Ом	—
М3-13/1 (калориметрический)	6—2000	1000	8—7—4	2,6—16,65; 36,5—37,2	72×34 мм и 7 переходов на 72×34 мм	—
М3-14 (калориметрический)	100—6000	400	7—4	0,03—1,6	75 Ом	—
М3-15 (селективный)	10^{-4}—0,02	10^{-4}	Более 26	8,24—12,05	23×10 мм	М5-48
М3-18	До 0,01	—	12,5	$(0{,}856$—$3{,}25) \times 10^{5}$ (3,5—0,4 мкм)	—	Диаметр приемного окна головки 2 мм
М3-19	10^{-4}—10	300 В	5—10—15	$(0{,}02$—$3) \times 10^{-6}$	1—25000 Ом (45 ступеней)	—
М3-21	10^{-5}—0,01		20—10	0,1—10	50 Ом	М5-51
				5,64—8,24	35×15 мм	М5-52
				8,24—12,05	23×10 мм	М5-53
				12—16,7	17×8 мм	М5-54
				17,44—25,86	11×5,5 мм	М5-55
				25,86—37,5	7,2×3,4 мм	М5-56

Продолжение табл. 43

Тип прибора	Пределы измерения, Вт	Наибольшая мощность в импульсе, кВт	Погрешность измерения, %	Диапазон частот, ГГц	Входное сопротивление или сечение	Тип головки
М3-22	$12\cdot10^{-6}$— —$6\cdot10^{-3}$			0,15—3	75 Ом	М5-17
			Менее $\sqrt{25+\alpha_\eta^2}$ (α_η — погрешность аттестации головки по коэффициенту преобразования в %)	2,7—5,6	50 Ом	М5-18
				5,64—16,7	17×8 мм	М5-38
				5,64—8,24	35×15 мм	М5-40
				6,85—9,93	28,5×12,6 мм	М5-41
				8,24—12,05	23×10 мм	М5-42
				11,95—16,7	17×8 мм	М5-43
				16,7—25,86	11,5×5,5 мм	М5-44
				25,86—37,5	7,2×3,4 мм	М5-45
				37,5—53,6	5,2×2,6 мм	М5-49
				53,6—78,3	3,6×1,8 мм	М5-50

При согласованном генераторе с линией передачи относительная погрешность измерения α_ϖ проходящей мощности, обусловленная отражениями от нагрузки и входа—выхода ваттметра, запишется в следующем виде:

$$1-\frac{4}{(K_\varpi+1)^2}\cdot\frac{(K_\text{н}+K_\varpi)^2}{(K_\text{н}+1)^2}\geqslant\alpha_\varpi\geqslant1-\frac{4}{(K_\varpi+1)^2}\cdot\frac{(K_\text{н}K_\varpi+1)^2}{(K_\text{н}+1)^2},$$

где $K_\text{н}$ — коэффициент стоячей волны, обусловленный отражениями от нагрузки; K_ϖ — коэффициент стоячей волны, обусловленный отражениями от выхода ваттметра.

Ваттметр, у которого $K_\varpi\neq1$, включенный в согласованную линию передачи, не вызывает погрешностей измерений мощности вследствие рассогласований, вносимых этим ваттметром. Ваттметры поглощаемой мощности могут быть использованы для измерения проходящей мощности, если применить направленный ответвитель, включаемый в разрыв линии генератор—нагрузка.

Основные характеристики приборов для измерения мощности приведены в табл. 43.

Измеритель проходящей мощности М2-1

Предназначен для измерения проходящей (активной) мощности синусоидальных электрических колебаний звуковой и ультразвуковой частоты в лабораторных условиях.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот от 20 Гц до 200 кГц.

2. Пределы измерения проходящей активной мощности от $1\cdot10^{-3}$ до $2\cdot10^{2}$ Вт при следующих значениях:

5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 и 1000 мА — по току;

1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 и 200 В — по напряжению.

3. Погрешность измерения при нормальных условиях работы, синусоидальной форме напряжения и $\cos\varphi=1$ составляет: ±5% в полосе частот 20 Гц — 100 кГц; ±10% в полосе частот 100—200 кГц.

4. Дополнительная погрешность:

не превышает ±1% при изменении угла сдвига фаз на 10° (φ) между током и напряжением в пределах от 0 до ±90° на частотах от 20 Гц до 100 кГц;

не превышает ±2% на 10° фазы на частотах от 100 до 200 кГц;

±0,25 на 1° С при изменении температуры окружающей среды в пределах от 10° С до 35° С;

±1% при изменении напряжения питающей сети на 8—10% от номинала 220 В.

5. Прибор предназначен для измерения в схемах, имеющих заземленную клемму генератора и изолированную от «земли» нагрузку.

6. Активное входное сопротивление прибора не менее 5 МОм.

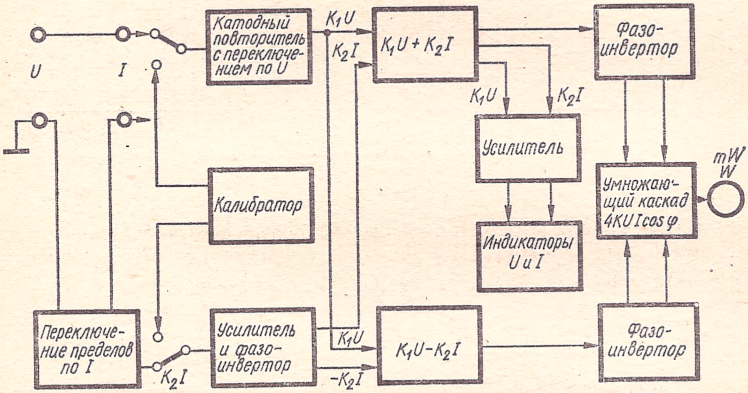

Катодный повторитель с переключением по U
K_1U
K_2I
$K_1U + K_2I$
Фазо-инвертор
U
I
K_1U
K_2I
Усилитель
mW
W
Калибратор
Умножающий каскад $4KUI\cos\varphi$
Индикаторы U и I
Переключение пределов по I
K_2I
Усилитель и фазо-инвертор
K_1U
$-K_2I$
$K_1U - K_2I$
Фазо-инвертор

Рис. 77. Структурная схема прибора М2-1.

7. Входная емкость между клеммами «U» не более 40 пФ.

8. Нулевое сопротивление между клеммами напряжения на верхнем пределе по току и при короткозамкнутых токовых клеммах не более 0,15 Ом.

9. Индуктивность между клеммами напряжения на верхнем пределе по току и при короткозамкнутых токовых клеммах не более 0,5 мкГ.

10. Падение напряжения между низкопотенциальными клеммами напряжения и тока на всех пределах по току при частоте 50 Гц не превышает 100 мВ.

11. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В через стабилизатор напряжения. Потребляемая мощность не более 220 ВА.

12. Вес прибора не более 18 кг, стабилизатора — 9 кг; габаритные размеры 520 × 310 × 340 мм.

Схема прибора

Структурная схема прибора М2-1 приведена на рис. 77. Она содержит катодный повторитель с переключателем пределов по напряжению; переключатель пределов по току, усилитель и фазоинвертор; суммирующие каскады, фазоинверторы, двухтактный умножающий каскад, усилитель, индикаторы тока и напряжения, калибратор и блок питания.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 78. Принцип работы прибора основан на использовании для умножения напряжений, пропорциональных напряжению и току в цепи нагрузки квадратичных участков сеточных характеристик ламп. Основным решающим элементом схемы прибора является двухтактный умножающий каскад, работающий на лампах $Л_{10}$, $Л_{12}$ и $Л_{11}$, $Л_{13}$ и обеспе-

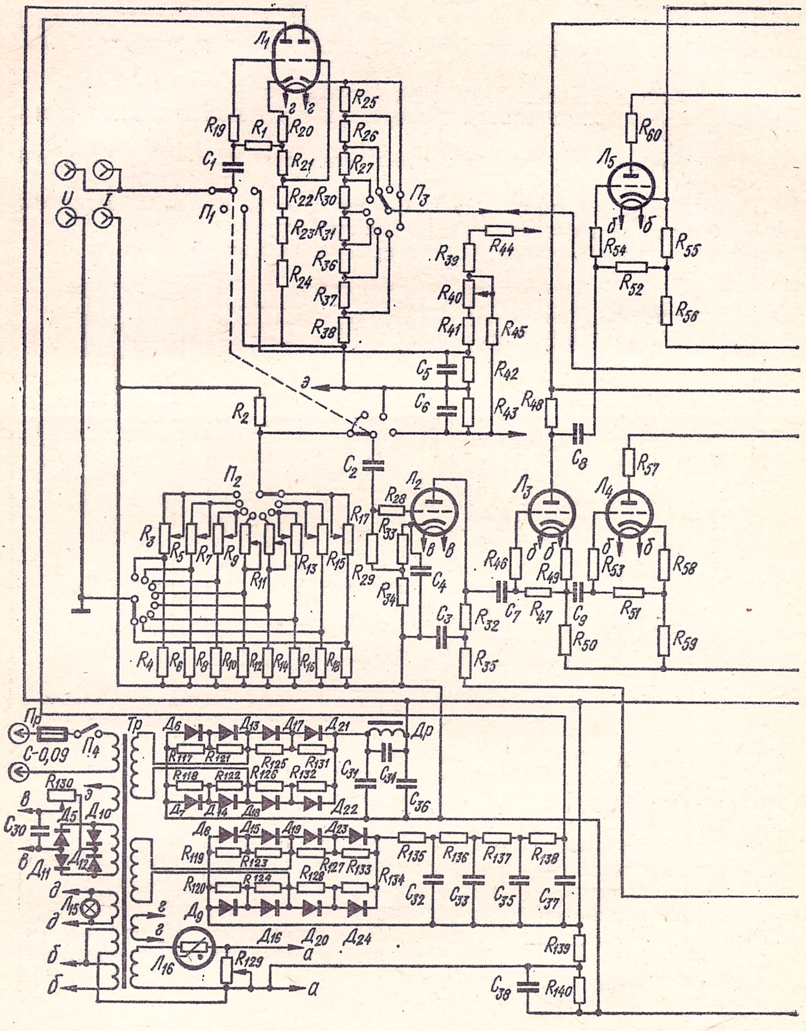

Л1
г г
R25
R19
R1
R20
R26
C1
R21
R27
U
I
П1
R22
R30
П3
R23
R31
R36
R24
R37
R38
R60
Л5
б б
R54
R55
R52
R56
R44
R39
R40
R41
R45
C5
R42
C6
R43
R48
э
R2
C8
C2
П2
R28
Л2
Л3
Л4
R57
R3
R5
R7
R9
R11
R13
R15
R17
R33
R29
в в
C4
R34
R46
б б
R49
R53
R58
C7
R47
C9
R51
C3
R32
R50
R59
R35
R4
R6
R8
R10
R12
R14
R16
R18
Пр
С-0,09
П4
Тр
Д6
Д13
Д17
Д21
Др
R117
R121
R125
R131
C31
C34
R118
R122
R126
R132
C36
Д7
Д14
Д18
Д22
R130
э
в
Д5
Д10
C30
в
Д11
Д12
Д8
Д15
Д19
Д23
R119
R123
R135
R136
R137
R138
R127
R133
R120
R124
R128
R134
C32
C33
C35
C37
д
Л15
д
г
г
Д9
Д16
Д20
Д24
R139
б
R129
а
Л16
б
C38
R140
а

Рис. 78. Принципиальная

чивающий получение показаний выходного индикатора, пропорциональных измеряемой мощности, выполнением операции суммирования и возведения в квадрат комплексных величин, какими являются напряжение и ток в нагрузке, по соотношению:

$$(K_1u + K_2i)^2 - (K_1u - K_2i)^2 = 4K_1K_2ui,$$

а

$$\frac{1}{T}\int_0^T ui\,dt = UI\cos\varphi = P_{\text{пр}}.$$

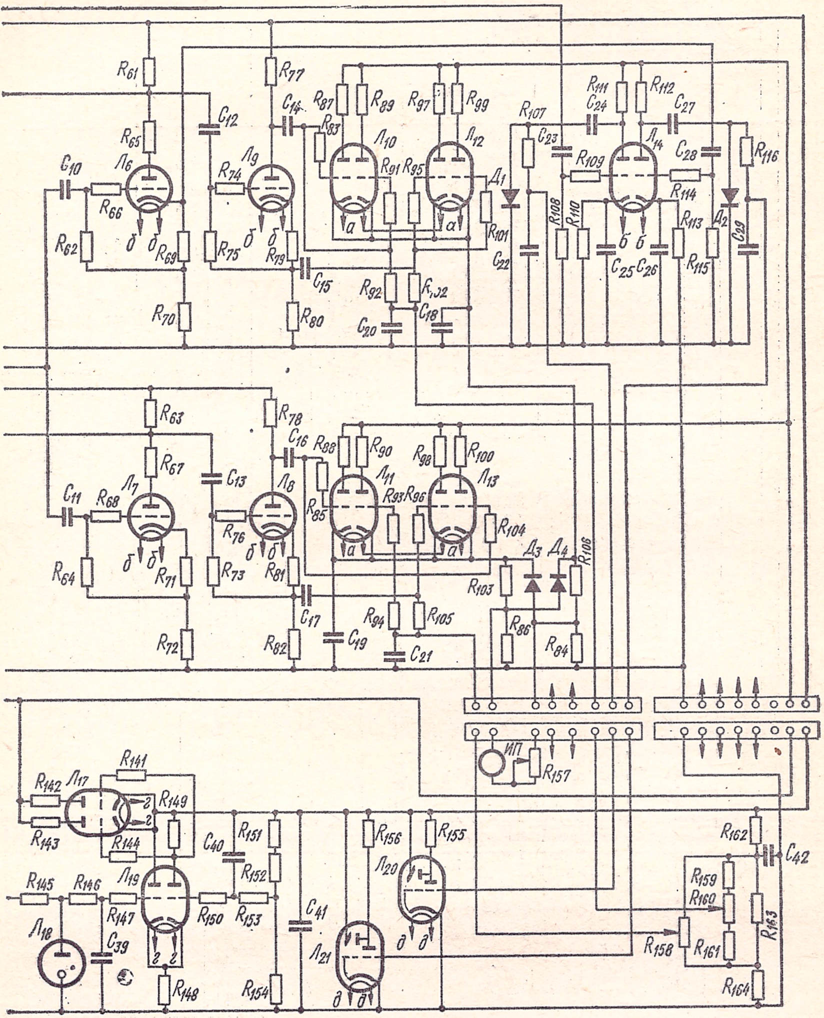

R61
R77
C12
C14
R87
R89
R97
R99
R107
R111
C24
R112
C27
R65
R83
Л10
Л12
C23
R109
Л14
C28
R116
C10
Л6
Л9
R74
R91
R95
Д1
R114
Д2
R66
R108
R110
R113
C29
R62
R69
R75
R79
R101
C22
C25
C26
R115
C15
R92
R102
C20
C18
R70
R80
R63
R78
C16
R88
R90
R98
R100
R67
C13
Л11
Л13
C11
R68
Л7
Л8
R93
R96
R85
R104
Д3
Д4
R106
R76
R64
R71
R73
R81
R103
C17
R94
R105
R86
R84
C19
R72
R82
C21
ИП
R157
R141
R142
Л17
R149
R143
R144
C40
R151
R156
R155
R162
C42
R145
R146
Л19
R152
Л20
R159
R160
R147
R150
R153
C41
R163
Л18
C39
Л21
R158
R161
R148
R154
R164
a
б
г
д

схема прибора М2-1.

Получение противофазных сигналов $(K_1u + K_2i)$ и $-(K_1u + K_2i)$, а также $(K_1u - K_2i)$ и $-(K_1u - K_2i)$, необходимых для работы двухтактного умножителя, производится при помощи фазоинверторов, работающих на лампах $Л_8$ и $Л_9$. Суммарные сигналы на фазоинверторы подаются с выхода суммирующих каскадов, собранных на лампах $Л_5$, $Л_6$ и $Л_5$, $Л_7$. Сигнал, пропорциональный напряжению на нагрузке, подается на суммирующие каскады в фазе после двух катодных повторителей, работающих на лампе $Л_1$, и переключателя пределов по напряжению. Сигнал, пропорциональный току в нагрузке, подается на вход сумматоров в противофазе после усилителя и фазоинвертора, собранных на лампах $Л_2$ и $Л_3$ соответственно. На вход усилителя сигнал поступает с переключателя пределов по току.

44. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа М2-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{57}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_2	МЛТ-0,5	510 Ом	R_{58}, R_{59}	БЛП-0,1	407 Ом
R_3	СПО-0,5	100 Ом	R_{60}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_4	Проволочный	10 Ом	R_{61}	БЛП-0,5	2×2,5 кОм
R_5	СПО-0,5	100 Ом	R_{62}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_6	Проволочный	2×5 Ом	R_{63}	БЛП-0,5	2×2,5 кОм
R_7	СПО-0,5	100 Ом	R_{64}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_8	Проволочный	4×2,5 Ом	R_{65}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_9	СПО-0,5	100 Ом	R_{66}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{10}	Проволочный	1 Ом	R_{67}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_{11}	СПО-0,5	100 Ом	R_{68}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{12}	Проволочный	2×0,5 Ом	R_{69}—R_{72}	БЛП-0,1	407 Ом
R_{13}	СПО-0,5	100 Ом	R_{73}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{14}	Проволочный	4×0,25 Ом	R_{74}	МЛТ-0,5	200 МОм
R_{15}	СПО-0,5	100 Ом	R_{75}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{16}	Проволочный	2×0,1 Ом	R_{76}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{17}	СПО-0,5	100 Ом	R_{77}, R_{78}	БЛП-0,25	2 кОм
R_{18}	Проволочный	4×0,05 Ом	R_{79}	БЛП-0,1	407 Ом
R_{19}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{80}	БЛП-0,25	2 кОм
R_{20}	МЛТ-0,5	3 кОм	R_{81}	БЛП-0,1	407 Ом
R_{21}	МЛТ-2	2×50 кОм	R_{82}	БЛП-0,25	2 кОм
R_{22}, R_{23}	МЛТ-0,5	20 кОм	R_{83}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{24}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{84}	БЛП-0,5	15 Ом
R_{25}	БЛП-0,5	2×2,5 кОм	R_{85}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{26}	БЛП-0,5	1,5 кОм	R_{86}	БЛП-1	15 кОм
R_{27}	БЛП-0,25	500 Ом	R_{87}—R_{90}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_{28}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{91}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{29}	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{92}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{30}	БЛП-0,1	250 Ом	R_{93}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{31}	БЛП-0,1	150 Ом	R_{94}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{32}	БЛП-0,5	5 кОм	R_{95}, R_{96}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{33}, R_{34}	БЛП-0,1	407 Ом	R_{97}—R_{100}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_{35}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{101}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{36}	БЛП-0,1	50 Ом	R_{102}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{37}, R_{38}	БЛП-0,1	25 Ом	R_{103}	МЛТ-0,1	50 Ом
R_{39}	МЛП-0,25	1 кОм	R_{104}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{40}	СП-II-1-А	10 кОм	R_{105}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{41}, R_{42}	БЛП-0,5	20 кОм	R_{106}	БЛП-0,1	50 Ом
R_{43}	БЛП-0,25	1 кОм	R_{107}, R_{108}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{44}	МЛТ-0,5	1 кОм	R_{109}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{45}	ТП2/2	—	R_{110}	МЛТ-0,5	1 кОм
R_{46}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{111}, R_{112}	МЛТ-0,5	51 кОм
R_{47}	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{113}	МЛТ-0,5	1 кОм
R_{48}	БЛП-0,25	2 кОм	R_{114}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{49}	БЛП-0,1	407 Ом	R_{115}, R_{116}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{50}	БЛП-0,25	2 кОм	R_{117}—R_{128}	МЛТ-0,5	200 кОм
R_{51}, R_{52}	МЛТ-0,5	1 МОм			
R_{53}, R_{54}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{129}	ПЭВ-10	75 Ом
R_{55}, R_{56}	БЛП-0,1	407 Ом	R_{130}	ПЭВ-10	5,1 Ом

Продолжение табл. 44

Обозначения на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_{131}—R_{134}	МЛТ-0,5	200 кОм	C_6	БМТ-2	0,033 мкФ
			C_7—C_{21}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{135}	МЛТ-0,5	510 Ом	C_{22}, C_{23}	МБТ-2	0,033 мкФ
R_{136}—R_{138}	МЛТ-0,5	3 кОм	C_{24}	МБТ-2	0,1 мкФ
			C_{25}	ЭМ	15 мкФ
R_{139}	МЛТ-0,5	150 кОм	C_{26}	ЭМ	10 мкФ
R_{140}	МЛТ-0,5	51 кОм	C_{27}	БМТ-2	0,1 мкФ
R_{141}	МЛТ-0,5	200 Ом	C_{28}, C_{29}	БМТ-2	0,033 мкФ
R_{142}, R_{143}	МЛТ-0,5	100 Ом	C_{30}	КЭГ	200 мкФ
R_{144}	МЛТ-0,5	200 Ом	C_{31}	МБГО-2	20 мкФ
R_{145}	МЛТ-1	2 кОм	C_{32}, C_{33}	МБГО-2	4 мкФ
R_{146}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{34}	МБГП-2	0,5 мкФ
R_{147}	МЛТ-0,5	200 Ом	C_{35}	МБГО-2	4 мкФ
R_{148}, R_{149}	БЛП-0,5	100 кОм	C_{36}	МБГО-2	20 мкФ
R_{150}	МЛТ-0,5	200 Ом	C_{37}	МБГО-2	4 мкФ
R_{151}	БЛП-0,5	100 кОм	C_{38}	МБГО-2	2 мкФ
R_{152}	БЛП-0,5	20 кОм	C_{39}	МБГО-2	1 мкФ
R_{153}, R_{154}	БЛП-0,5	100 кОм	C_{40}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{155}, R_{156}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{41}	МБГО-2	30 мкФ
R_{157}	СП-I-1-А	500 Ом	C_{42}	МБГО-2	2 мкФ
R_{158}	СП-II-1-А	5 кОм	$Л_1$	6Н6П	—
R_{159}	БЛП-0,25	2 кОм	$Л_2$—$Л_9$	6С2П	—
R_{160}	СП-I-1-А	500 Ом	$Л_{10}$—$Л_{14}$	6Н2П	—
R_{161}	БЛП-0,25	2 кОм	$Л_{15}$	МН-16	13,5 В; 0,18А
R_{162}	БЛП-0,25	75 кОм	$Л_{16}$	0,85-Б-5,5-12	—
R_{163}	БЛП-0,1	407 кОм	$Л_{17}$	6Н6П	—
R_{164}	БЛП-0,5	51 кОм	$Л_{18}$	СГ201С	—
C_1	БМТ-2	0,047 мкФ	$Л_{19}$	6Н2П	—
C_2	БМТ-2	0,2 мкФ	$Л_{20}$, $Л_{21}$	6Е1П	—
C_3	МБГО-2	20 мкФ	$Д_1$, $Д_2$	Д2Е	—
C_4	КСО-1	62 пФ	$Д_3$—$Д_{24}$	Д7Ж	—
C_5	БМТ-2	1000 пФ	ИП	М-24	100 мкА

Переключатель пределов по напряжению представляет собой обычный делитель на резисторах R_{25}, R_{26}, P_{27}, R_{30}, R_{31}, R_{36}, R_{37} и R_{38}. Значение необходимого предела устанавливается переключателем $П_3$, ручка которого на передней панели (рис. 79) имеет обозначение «пределы по напряжению».

Переключатель пределов по току представляет собой набор восьми шунтов R_4, R_6, R_8, R_{10}, R_{12}, R_{14}, R_{16} и R_{18} с параллельно включенными для регулировки переменными резисторами R_3, R_5, R_7, R_9, R_{11}, R_{13}, R_{15} и R_{17} соответственно. Значение необходимого предела устанавливается переключателем $П_2$, ручка которого выведена на переднюю панель с обозначением «пределы по току».

Индикатор мощности (*ИП*) включен между катодами ламп квадраторов ($Л_{10}$, $Л_{12}$ и $Л_{11}$, $Л_{13}$). Нуль прибора устанавливается изменением напряжения на сетках этих ламп при помощи потенциометров R_{158} и R_{160}, ручки которых на передней панели имеют обозначения соответственно «установка нуля грубо» (выведена под шлиц) и «установка нуля плавно».

Для установки нуля прибора на вход измерителя мощности ($Л_1$ и $Л_2$) подается одно и то же напряжение с резистора R_{43} калибратора.

Калибратор прибора представляет собой источник известных напряжений, снимаемых с делителя R_{44}, R_{39}— R_{43}, стабилизированных термистором R_{45} и подаваемых через переключатель режима работы прибора $П_1$ на катодные повторители $Л_1$ (по напряжению) и усилитель $Л_2$ (по току). При установке переключателя $П_1$ в положение «калибровка» стрелка индикатора должна отклониться на всю шкалу. Необходимая корректировка чувствительности индикатора достигается переменным резистором R_{157}, ручка которого выведена под шлиц и имеет обозначение «калибровка».

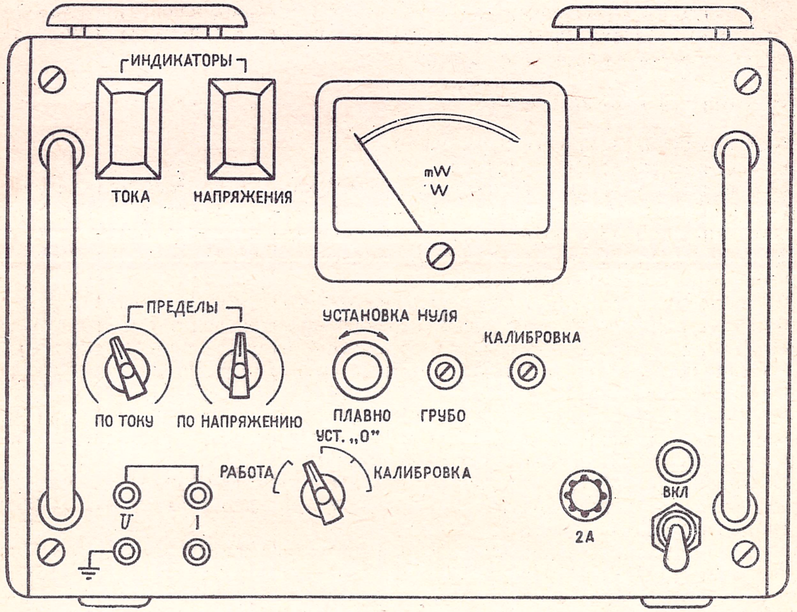


Рис. 79. Вид передней панели прибора М2-1.

Для ориентировочной оценки напряжения и тока нагрузки в приборе применены электронные индикаторы, работающие на лампах $Л_{20}$ и $Л_{21}$. Сигналы на них снимаются с катодов суммирующих каскадов ($Л_5$ и $Л_6$) через усилители на лампах $Л_{14а}$ и $Л_{14б}$ и детекторы $Д_1$ и $Д_2$. Лампы индикаторов помещены за окнами на передней панели с обозначением «индикаторы тока, напряжения». Блок питания состоит из нестабилизированного выпрямителя по мостовой схеме на диодах $Д_8$, $Д_{15}$, $Д_{19}$, $Д_{23}$, $Д_9$, $Д_{16}$ и $Д_{20}$, $Д_{24}$ и стабилизированного выпрямителя (диоды $Д_6$, $Д_{13}$, $Д_{17}$, $Д_{21}$, $Д_7$, $Д_{14}$, $Д_{18}$, $Д_{22}$ и лампы $Л_{17}$, $Л_{18}$, $Л_{19}$).

Накал лампы усилителя тока питается от выпрямителя на диодах $Д_5$, $Д_{10}$, $Д_{11}$, $Д_{12}$, а накал ламп квадратов стабилизируется бареттером $Л_{16}$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора М2-1 приведена в табл. 44.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 79). Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель питания «вкл.» установить в положение выключено.
2. Подключить кабель питания прибора к стабилизатору напряжения сети.
3. Подключить стабилизатор к сети 220 В.

4. Включить питание прибора. При этом должна загореться сигнальная лампочка. Дать прибору прогреться в течение 30 мин.

5. Переключатель режима работы установить в положение «установка нуля».

6. Ручкой «установка нуля плавно» (а при необходимости и «установка нуля грубо») установить стрелку прибора на нуль.

7. Перевести переключатель режимов в положение «калибровка». Если при этом стрелка отклоняется не на всю шкалу, то рукой (под шлиц «калибровка») установить стрелку на последнюю отметку шкалы.

8. Установить переключатель «пределы по напряжению» в положение «220 В», переключатель «пределы по току»— в положение «1000 м А», а переключатель режимов — в положение «работа».

Измерение мощности

Для измерения мощности необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Соединить прибор с исследуемым устройством. Для этого сопротивление нагрузки присоединить к клеммам с обозначением «I», а генератор — к клеммам с обозначением «U». При этом генератор должен иметь заземленный полюс, который соединяется с клеммой ваттметра, имеющей обозначение ⊥ (корпус). Нагрузка должна быть изолирована от земли.

3. Включить генератор и установить необходимые пределы измерения по току и напряжению. Для этого необходимо переключатели пределов установить в положения, при которых световой сектор соответствующего электронного индикатора («индикаторы тока, напряжения») был бы раскрыт, но не находился на пределе смыкания по краям.

4. По шкале стрелочного прибора определить значение измеряемой мощности с учетом того, что верхний предел шкалы соответствует мощности, определяемой произведением показаний переключателей пределов.

5. Прибор обеспечивает правильные показания при перегрузках по току или напряжению на 20% при условии, что значение второй величины (напряжения или тока) на столько же меньше.

6. Для проверки нуля и калибровки в процессе измерений (при подключенной нагрузке) следует:

переключатель режимов перевести в положение «установка нуля» и установить нуль;

переключатель режимов перевести в положение «калибровка»;

переключатель «пределы по напряжению» перевести в положение «калибровка» и произвести калибровку;

переключатель «пределы по напряжению» установить в положение, при котором производились измерения, после этого переключатель режимов установить в положение «работа».

ВАТТМЕТРЫ ПОГЛОЩАЕМОЙ МОЩНОСТИ

Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-1

Предназначен для измерения среднего значения высокочастотной мощности в условиях лабораторий и контрольно-ремонтных станций.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения 0,1—1000 мВт.
2. Диапазон частот 20—3000 МГц.
3. Входное сопротивление 75 Ом.
4. КСВ не более 1,4 в диапазоне частот 20—200 МГц и не более 1,6 в остальном диапазоне.

5. Погрешность прибора без учета погрешности за счет высокочастотных потерь мощности в терморезисторных камерах не превышает:

±4% при положении переключателя «множитель — 1» и при измеряемой мощности 1—10 мВт;

±7% при положении переключателя «множитель — 1» и при измеряемой мощности 0,1 — 1 мВт;

±10% при положении переключателя «множитель — 100».

6. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В и частотой 400 Гц напряжением 115 В.

7. Вес прибора 16 кг, габаритные размеры 360 × × 240 × 240 мм.

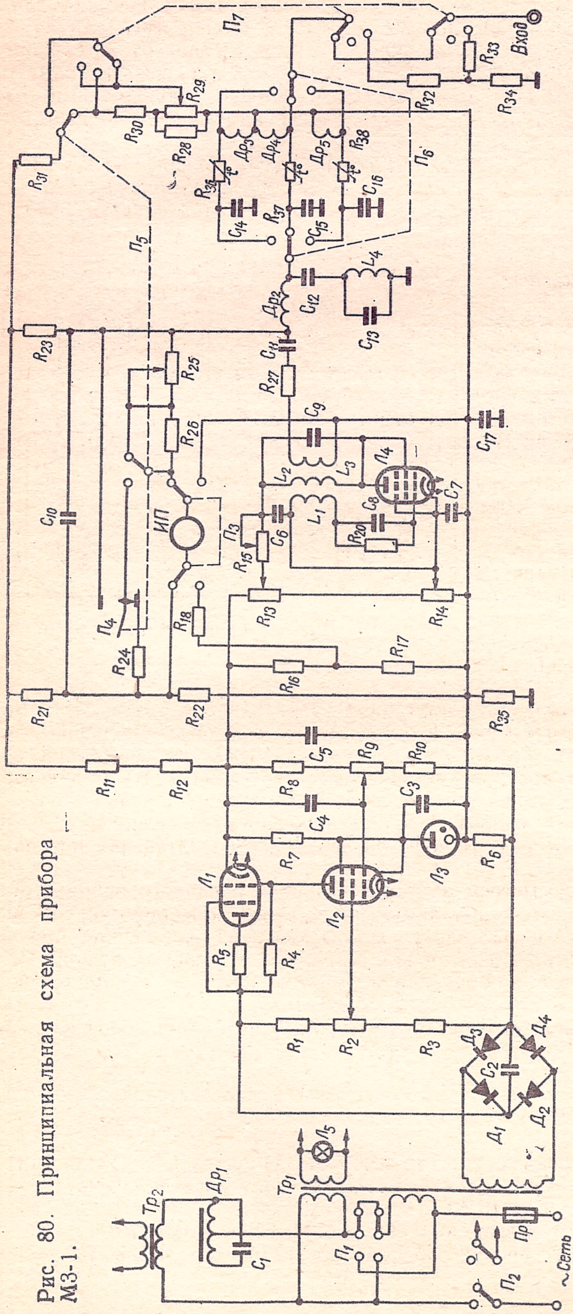

Вход
П7
П6
П5
П4
П3
П2
П1
R33
R34
R32
R29
R30
R28
R31
R36
R37
R38
Др3
Др4
Др5
С14
С15
С16
L4
Др2
С12
С13
С11
R23
R25
R27
С9
R26
С17
L2
L3
Л4
L1
С8
С7
С6
R20
R15
С10
ИП
R13
R14
R18
R24
R17
R16
R21
R22
R35
С5
R9
R10
R11
R12
R8
С3
С4
R7
R6
Л1
Л2
Л3
R5
R4
R1
R2
R3
Д3
Д4
С2
Д1
Д2
Л5
Тр1
Тр2
Др1
С1
Пр
~Сеть

Рис. 80. Принципиальная схема прибора МЗ-1.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора МЗ-1 (рис. 80) состоит из терморезисторного моста, входного делителя, генератора, блока питания.

В приборе МЗ-1 мощность измеряется терморезисторным мостом, три плеча которого образованы сопротивлениями R_{21}, R_{22}, R_{23}, а в четвертое плечо включается один из трех терморезисторов R_{36}, R_{37} или R_{38} в зависимости от поддиапазона частот. Ручка переключателя терморезисторов выведена на переднюю панель (рис. 81) и обозначена «частота Мгц».

Мост питается от выпрямителя. Начальный баланс моста осуществляется регулировкой напряжения, подводимого к мосту от внутреннего генератора 50 кГц. Генератор работает на лампе $Л_4$. Напряжение изменяется регулировкой анодного напряжения при помощи переменного сопротивления R_{15} и потенциометра R_{13}, оси которых объединены, а ручка обозначена «установка нуля». Мост балансируется при установке переключателя входного делителя в нейтральное положение «0». При этом через мост протекает максимальный ток от источника постоянного напряжения. Точные измерения мощности производят по схеме уравновешенного моста.

После балансировки моста на терморезистор подают измеряемую ВЧ мощность. Мост разбалансировывается. Изменением величины сопротивления R_{29}, которое является частью шунта к мосту R_{28}, R_{29}, R_{30}, восстанавливают баланс моста. Ручка сопротивления R_{29} на передней панели обозначена «mW». Шкала этой ручки проградуирована в единицах мощности.

Прибором также можно измерять мощность по схеме разбалансированного моста с прямым отсчетом мощности по шкале индикатора моста (стрелочный прибор *ИП*). При работе по схеме неуравновешенного моста начальная балансировка производится так, как описано выше, а величина измеряемой мощности определяется степенью разбалансировки моста. Необходимая схема измерения включается переключателем $П_5$. Первой схеме соответствует положение переключателя «балансное измерение (нажать)», второй схеме —«прямой отсчет».

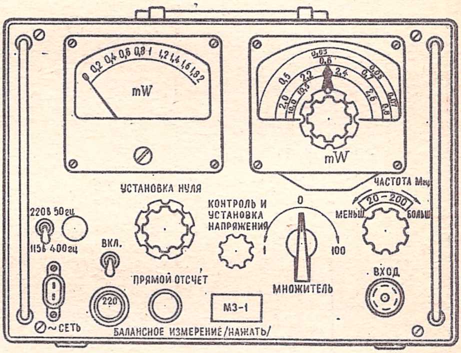


Рис. 81. Вид передней панели прибора МЗ-1.

Входной делитель, образованный резисторами R_{32}, R_{33} и R_{34}, имеет коэффициенты деления 1 : 1 и 1 : 100. Ручка этого делителя обозначена «множитель». В нейтральном положении ручки («0») измеряемая мощность на терморезистор не подается, а отсчетное сопротивление включается по схеме, соответствующей начальному балансу моста, независимо от положения отсчетной шкалы.

Блок питания содержит выпрямитель с электронной стабилизацией на диодах $Д_1$— $Д_4$ и лампах $Л_1$— $Л_3$ и феррорезонансный стабилизатор для питания накала ламп.

В схеме прибора предусмотрен контроль стабилизированного напряжения 150 В, питающего мост. Для этого индикатор *ИП* с добавочными сопротивлениями R_{16}, R_{17} подключается к выходу выпрямителя. Для контроля напряжения прибор переключается ручкой «контроль и установка напряжения» (нажатая ручка). Напряжение 150 В устанавливается и регулируется потенциометром R_9 при вращении той же ручки.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа МЗ-1 приведена в табл. 45.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 81). В комплект прибора входит высокочастотный соединительный кабель.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети «вкл.» поставить в положение выключено.
2. Ручку «контроль и установка напряжения» установить в нажатое положение.

45. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа М3-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-2	150 кОм	R_{31}	Специальный	160 Ом
R_2	СП	15 кОм	R_{32}, R_{33}	МУН-1	62 Ом
R_3	ВС-0,5	2 кОм	R_{34}	УНУ-Ш	14,4 Ом
R_4	ВС-1	1 МОм	R_{35}	ВС-0,5	1 кОм
R_5	ПЭВ-10	510 Ом	R_{36}—R_{38}	Т8С1М	—
R_6	МЛТ-2	1,5 кОм	C_1	КБГ-МН	2 мкФ
R_7	МЛТ-2	20 кОм	C_2	МБГО-1	10 мкФ
R_8	МЛТ-2	51 кОм	C_3—C_7	МБГП-1	0,25 мкФ
R_9	Переменный	15 кОм	C_8	КБГ-1	0,01 мкФ
R_{10}	МЛТ-2	51 кОм	C_9	КСО-5	1200 пФ
R_{11}	МЛТ-2	510 Ом	C_{10}, C_{11}	МБГП-1	0,25 мкФ
R_{12}	ПЭВ-25	3,9 кОм	C_{12}	МБГП-1	0,1 мкФ
R_{13}, R_{14}	Переменный	15 кОм	C_{13}	КСО-2	680 пФ
R_{15}	»	620 Ом	C_{14}—C_{17}	Конструктивный	—
R_{16}	МЛТ-2	240 кОм			
R_{17}	МЛТ-0,5	470 Ом	L_1	—	1,35 мГ
R_{18}	МЛТ-0,5	820 Ом	L_2	—	10 мГ
R_{20}	ВС-0,25	1 кОм	L_3	—	65 мкГ
R_{21}	ВС-0,25	2,6 кОм	L_4	—	2200 мкГ
R_{22}	ВС-0,25	75,5 Ом	$Л_1$	6П3С	—
R_{23}	ВС-0,25	2,6 кОм	$Л_2$	6Ж8	—
R_{24}	ВС-0,5	150 Ом	$Л_3$	СГ2С	—
R_{25}	Переменный	2,2 кОм	$Л_4$	6Ж8	—
R_{26}	ВС-0,5	3,6 кОм	$Л_5$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{27}	ВС-0,5	100 Ом	$ИП$	Микроамперметр	200 мкА, 80 Ом
R_{28}	ВС-0,5	2,4 кОм			
R_{29}	Потенциометр	2,3 кОм	$Д_1$—$Д_4$	АВС-22-21	—
R_{30}	Специальный	10 Ом			

3. Переключатель рода питания установить в положение, соответствующее частоте и напряжению питающей сети.

4. Ручку грубой установки нуля повернуть влево до отказа. Переключатель «множитель» установить в нейтральное положение» «0».

5. Переключатель «прямой отсчет — балансное измерение» установить в нажатое положение. Переключатель «частота Мгц» установить в нужное положение.

6. Кабель питания подключить к фишке прибора и к сети.

7. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 5 мин.

8. Вращением ручки «контроль и установка напряжения» стрелку индикатора установить на красную риску «2, 0», что соответствует 150 В напряжения питания моста.

9. Ручку «контроль и установка напряжения» оттянуть на себя.

10. Ручками «установка нуля» стрелку индикатора установить на нуль. Если при этом стрелка на нуль не устанавливается, то добиться этого потенциометром «установка нуля» (ось выведена на правую сторону прибора).

После этого прибор готов к работе.

Измерение мощности

Балансное измерение. Для измерения мощности следует:

1. Вход прибора соединить с выходом источника мощности.
2. Переключатель «множитель» установить в положение, соответствующее

пределу измеряемой мощности; если порядок его неизвестен, то в положение «100». Включить источник измеряемой мощности.

3. Ручкой «mW» установить стрелку индикатора на нуль.

4. Значение измеренной мощности определить по шкале, указанной стрелкой-указателем с учетом положения переключателя «множитель». Если переключатель «множитель» находится в положении «100», кроме умножения показаний шкалы на 100, результат следует умножить еще на поправочный коэффициент для данной частоты, указанный в формуляре. При соединении прибора с источником комплектным высокочастотным кабелем результат измерения следует еще умножить на поправочный коэффициент за счет затухания кабеля, приведенный в формуляре.

Прямой отсчет. Для измерения мощности следует произвести калибровку шкалы прямого отсчета:

1. Подать на вход прибора и измерить балансным измерением мощность около 1,7 мВт.

2. Ручку «прямой отсчет — балансное измерение» оттянуть на себя.

3. Переменным сопротивлением «калибровка» (ось выведена на правую сторону прибора) установить стрелку индикатора в положение, соответствующее величине мощности, измеренной балансным методом.

4. Подать на вход прибора измеряемую мощность.

Значение измеренной мощности определяют по показаниям стрелочного индикатора с учетом положения переключателя «множитель» и поправочных коэффициентов на данную частоту и затухание соединительного кабеля, определяемых из формуляра.

Измеритель поглощаемой мощности М3-2

Предназначен для измерения малой СВЧ мощности непрерывных и импульсно-модулированных колебаний в условиях лабораторий.

Измеритель мощности выпускается в двух модификациях: М3-2А — с волноводными выносными головками М5-26, М5-27, М5-28, рабочее сопротивление терморезисторов которых составляет 330 Ом ±1%, а к. п. д. головок — не менее 0,8; 0,9; 0,95 соответственно;

М3-2Б — с коаксиальными головками КТ-10, КТ-60, рабочее сопротивление терморезисторов которых составляет 150 Ом ±1%, а к.п.д. головок — не менее 0,85.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения мощности
6—20—60—200—600—2000—6000 мкВт.

2. Диапазон частот:
7000—16700 МГц для М3-2А;
300—3750 МГц для М3-2Б.

3. Коэффициент стоячей волны напряжения (КСВН):
в диапазоне частот 7000—12100 МГц менее 1,3;
в диапазоне частот 300—3750 МГц и 12100—16700 МГц менее 1,65.

4. Терморезистор:
330 Ом с мощностью начального подогрева 13—15,5 мВт при окружающей температуре 20 ± 3° С для М3-2А;

150 Ом с мощностью начального подогрева 15,5 ± 2 мВт при окружающей температуре 20 ± 3° С для М3-2Б.

Самобалансирующийся терморезисторный мост из опорного и рабочего терморезисторов подогревается током частотой 10 ± 1 кГц.

5. Основная погрешность моста:
±4% на шкалах 6; 20; 60; 200; 600; 2000 мкВт;
±7% на шкалах свыше 2000 мкВт.

6. Основная погрешность прибора $\alpha_п = \sqrt{\alpha_м^2 + \alpha_\eta^2}$, где $\alpha_м$ — погрешность моста; α_η — погрешность аттестации головок по к.п.д. (без учета КСВ головок).

7. Дополнительная погрешность при изменении мощности в импульсном режиме не более 5%:

для М3-2А при $P_и < 25$ Вт и $P_{ср} < 1$ мВт для частот повторения 50—1000 Гц $P_{ср} < 6$ мВт для частот повторения более 1000 Гц;

для М3-2Б при $P_и < 50$ Вт и $P_{ср} < 1{,}5$ мВт для частот повторения 50—1000 Гц или $P_{ср} < 6$ мВт для частот повторения более 1000 Гц.

8. Условия работы прибора:

температура окружающей среды 10—35° С;

относительная влажность воздуха 80%.

9. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 ± 0,5 Гц напряжением 220 В ± 10%. Потребляемая мощность 50 ВА.

10. Вес прибора 16 кг, габаритные размеры 260 × 374 × 335 мм.

Схема прибора

В структурную схему измерителя мощности (рис. 82) входят основной и вспомогательный терморезисторные мосты, регенеративный усилитель, измерительный механизм, каскад калибровки, выпрямитель с феррорезонансным стабилизатором напряжения.

Схема прибора работает на следующем принципе.

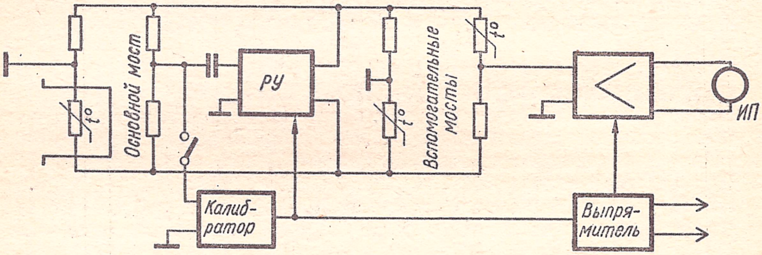


Рис. 82. Структурная схема прибора М3-2.

Терморезистор СВЧ головки включен в плечо основного моста, диагонали которого соединены с входом и выходом регенеративного усилителя. При наличии обратной связи выхода усилителя с его входом через схему несбалансированного моста усилитель самовозбуждается. Выходное напряжение генерации усилителя, питающее мост, разогревает терморезистор головки, уменьшая его сопротивление до значения сопротивлений других плеч моста. Наступает баланс моста, и самовозбуждение усилителя прекращается.

При подаче на терморезистор СВЧ или калибрующей мощности мощность, поступающая от регенеративного усилителя на мост, автоматически уменьшается, так как уменьшается амплитуда собственных колебаний усилителя. Вспомогательный мост своей диагональю включен к выходу того же усилителя и перед началом измерений (до включения мощности СВЧ) балансируется вручную по измерительному прибору, включенному через усилитель к другой диагонали вспомогательного моста.

Уменьшение амплитуды выходного напряжения регенеративного усилителя при измерении мощности СВЧ нарушает баланс вспомогательного моста и тем больше, чем больше измеряемая мощность. Это условие используется для регист-

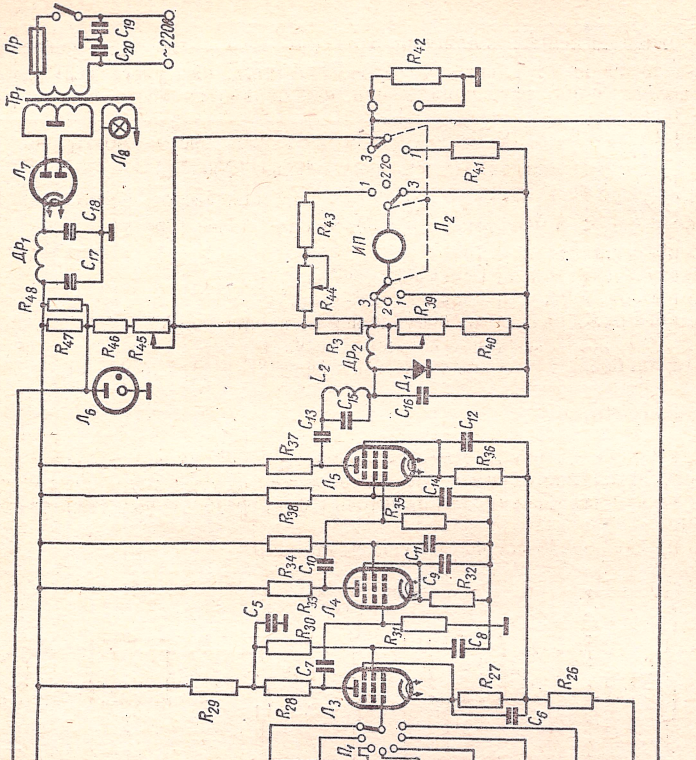

Пр
$Тр_1$
$Л_7$
$Л_8$
~220в
C_{19}
C_{20}
C_{18}
C_{17}
$Др_1$
R_{48}
R_{47}
R_{46}
R_{45}
$Л_6$
R_{42}
R_{41}
R_{43}
R_{44}
ИП
$П_2$
1
2
3
R_3
$Др_2$
L_2
C_{13}
C_{15}
$Д_1$
C_{16}
R_{39}
R_{40}
R_{37}
R_{36}
C_{12}
C_{14}
$Л_5$
R_{38}
R_{35}
R_{34}
C_{10}
C_{11}
C_9
$Л_4$
R_{33}
R_{32}
R_{31}
C_5
R_{30}
C_8
R_{27}
C_7
$Л_3$
R_{28}
R_{29}
R_{26}
C_6
R_{25}
R_{24}
$П_1$
R_{23}
R_{22}
R_{21}
R_{20}
R_{19}
C_4
R_{18}
R_{51}
R_{50}
R_{17}
R_{16}
R_{15}
R_{14}
R_{13}
R_{49}
R_{11}
R_{12}
$P_{свч}$
$Тр_2$
$Л_2$
R_{10}
C_3
R_9
R_8
R_7
C_2
R_6
R_5
R_4
$Л_1$
$Тр_3$
L_1
R_2
C_1
R_1

Рис. 83. Принципиальная схема прибора М3-2.

46. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа М3-2

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,25	10 кОм	R_{39}	ПП-1	6,8 кОм
R_2	ВС-0,25	750 Ом	R_{40}	ВС-0,25	220 кОм
R_3	ВС-0,5	510 кОм	R_{41}	Проволочный	150 Ом
R_4	ВС-0,25	1 кОм	R_{42}	»	3470 Ом
R_5	ВС-0,5	150 кОм	R_{43}	»	2600 Ом
R_6	ВС-0,25	510 кОм	R_{44}	ПЭВ-20	300 Ом
R_7	ВС-0,25	3 кОм	R_{45}	ПП-1	3 кОм
R_8	ВС-0,5	20 кОм	R_{46}	Проволочный	43,5 кОм
R_9	ВС-0,25	510 кОм	R_{47}, R_{48}	ВС-2	30 кОм
R_{10}	ВС-0,25	2,2 кОм	R_{49}—R_{51}	ТШ-2	—
R_{11}—R_{13}	Проволочный	150 Ом	C_1	КБГ-И-200	0,05 мкФ
R_{14}	Потенциометр	50 Ом	C_2	КСО-5-500 В	1000 пФ
R_{15}	Переменный	—	C_3	КСО-5-500 В	2000 пФ
R_{16}	»	—	C_4	КПК	25-150 пФ
R_{17}, R_{18}	Проволочный	100 Ом	C_5, C_6	КБГ-И-200	0,05 мкФ
R_{19}	»	0,811 Ом	C_7	КСО-2-250	51 пФ
R_{20}	»	1,98 Ом	C_8, C_9	КБГ-И-200	0,05 мкФ
R_{21}	»	6,8 Ом	C_{10}	КСО-1-250 В	51 пФ
R_{22}	»	20 Ом	C_{11}	КБГ-И-200	4700 пФ
R_{23}	»	70 Ом	C_{12}	КБГ-И-200	0,05 мкФ
R_{24}	»	195 Ом	C_{13}	КСО-5-500 Б	1000 пФ
R_{25}	»	665 Ом	C_{14}	КБГ-И-200	4700 пФ
R_{26}	»	1,3 Ом	C_{15}	КСО-2-500	220 пФ
R_{27}	ВС-0,25	100 Ом	C_{16}	КСО-5-500 Б	5100 пФ
R_{28}	ВС-1	62 кОм	C_{17}, C_{18}	КЭ-2-400	10 мкФ
R_{29}	ВС-1	20 кОм	C_{19}, C_{20}	КСО-5-250 В	0,01 мкФ
R_{30}	ВС-0,25	220 кОм	$Л_1$	6Н9С	—
R_{31}	ВС-0,25	360 кОм	$Л_2$	6Н8С	—
R_{32}	ВС-0,25	4,7 кОм	$Л_3$—$Л_5$	6Ж8	—
R_{33}	ВС-1	100 кОм	$Л_6$	СГ3С	—
R_{34}	ВС-0,25	390 кОм	$Л_7$	6Ц5С	—
R_{35}	ВС-0,25	240 кОм	$Л_8$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{36}	ВС-0,25	1,5 кОм	*Д*	Д2В	—
R_{37}	ВС-1	62 кОм	*ИП*	Микроамперметр	—
R_{38}	ВС-0,5	220 кОм			

рации измеряемой мощности измерительным устройством, включенным в другую диагональ моста.

Принципиальная схема прибора представлена на рис. 83. В плечах основного моста сопротивления $R_{11} = R_{12} =$ 150 Ом и $R_{13} =$ 330 Ом для М3-2А и $R_{13} =$ 150 Ом для М3-2Б. При балансе моста сопротивление терморезистора R_{49} устанавливается 330 Ом для М3-2А и 150 Ом для М3-2Б.

В плечах вспомогательного моста сопротивление $R_{17} = R_{18} =$ 110 Ом, сопротивление терморезисторов R_{50} и R_{51} при балансе моста также равно 110 Ом.

Регенеративный усилитель собран на лампах $Л_1$ и $Л_2$. В анодную цепь первого каскада усилителя включен контур LC, индуктивность которого образована первичной обмоткой трансформатора $Тр_3$— L_1, а емкость— собственной емкостью первичной обмотки, емкостью монтажа и междуэлектродными емкостями ламп. Частота колебаний в режиме регенерации составляет 10 ± 1 кГц. В анодную цепь второго каскада включена первичная обмотка трансформатора $Тр_2$. Вторичные обмотки трансформатора $Тр_2$ питают основной и вспомогательный мосты.

Вспомогательный мост балансируется двумя ручками. Грубая установка баланса производится резистором R_{14}, плавная — резисторами R_{15} и R_{16}, включенными в питающую диагональ вспомогательного моста. Измерительный узел состоит из трехкаскадного усилителя на лампах $Л_3$, $Л_4$, $Л_5$ с отрицательной обратной связью через сопротивление R_{26} и режекторного фильтра L_2C_{15} на выходе, настроенного на третью гармонику колебания регенеративного каскада. Нагрузкой усилителя служит детекторный каскад $Д_1$ с измерительным механизмом магнитоэлектрической системы *ИП*.

Напряжение основной частоты на выходе детектора при отклонении стрелки измерительного прибора на полную шкалу составляет 2,2 ± 0,3 В. Напряжение третьей гармоники в этом случае не превышает 15 мВ. Для компенсации начального тока через резистор R_3 подается небольшой ток противоположного направления.

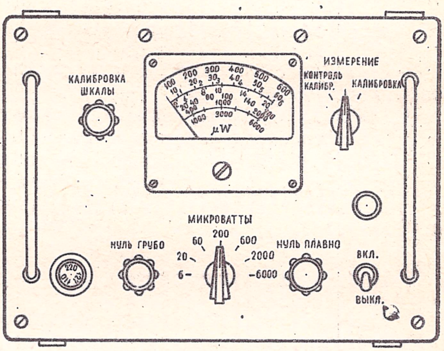


Рис. 84. Вид передней панели прибора М3-2.

Переключатель $П_2$ имеет три положения: «контроль калибр.», «измерение» и «калибровка». В положении переключателя «контроль калибр.» стрелочный прибор *ИП* контролирует напряжение на стабилизаторе $Л_6$, от которого питаются цепи калибровки. В положении «измерение» прибор подключается к детекторной головке и его показания соответствуют мощности СВЧ, поступающей в терморезистор основного моста. В положении переключателя «калибровка» мощность в терморезистор основного моста вносится от внутреннего источника постоянного тока. Величина постоянного тока определена таким образом, что мощность, рассеиваемая терморезистором, равна 200 мкВт.

Переключатель $П_1$ при «калибровке» устанавливается в положение «200 мкВт», при этом стрелка более точно устанавливается на 200 мкВт. Остальные шкалы прибора не калибруются, и точность их обеспечивается допусками на сопротивления R_{19}— R_{25}.

Конденсатор (триммер) C_4 служит для регулировки моста при смене терморезисторов. Схема питается от двухполупериодного выпрямителя на лампе $Л_7$ с феррорезонансным стабилизатором входного напряжения и стабилизацией выпрямленного напряжения лампой $Л_6$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа М3-2 приведена в табл. 46.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 84). Для измерения мощности прибору придаются измерительные головки.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Установить переключатель сети в положение «выкл.».
2. Подключить к прибору (мосту) необходимую терморезисторную головку.
3. Соединить СВЧ тракт с терморезисторной головкой (мощность СВЧ не включать).
4. Подключить кабель питания к сети 220 В.
5. Переключатель «микроватты» поставить в положение «6000».
6. Переключатель операций поставить в положение «контроль калибр.».
7. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 2 ч.

Примечание. Для уменьшения величины погрешности на поддиапазонах 6 и 20 мкВт рекомендуется до измерения прогревать прибор в течение 4 ч. При измерении мощности более 200 мкВт это время можно снизить до 30 мин.

8. Переключатель операций поставить в положение «измерение» и ручкой «нуль грубо» установить стрелку прибора на нуль; то же проделать последовательно в положениях переключателя «2000», «600» и «200».

9. Ручкой «нуль плавно» установить стрелку прибора на нуль последовательно в положениях переключателя «200», «60», «20» и «6».

Примечание. На шкале 6 мкВт стрелка может быть установлена на минимум показаний, но не превышающий 0,5 мкВт. Если данное условие не выполняется, то необходимо открыть нижний люк в кожухе и конденсатором C_4 и индуктивностями L_1, L_2 добиться установки нуля прибора.

Калибровка прибора

Калибровка прибора производится перед каждым измерением и не реже одного раза в час.

Для калибровки прибора необходимо:

1. Установить стрелку прибора на нуль в положении переключателя «60».
2. Переставить переключатель в положение «200» (красная черта).
3. Переключатель операции поставить в положение «калибровка».
4. Ручкой «калибровка шкалы» установить стрелку прибора на деление шкалы 200 мкВт.

Измерение мощности

Для измерения мощности необходимо:

1. Поставить переключатель операции в положение «измерение».
2. Установить стрелку прибора на нуль в положении переключателя «микроватты» на ступень ниже предполагаемой величины измеряемой мощности.
3. Переключатель «микроватты» переставить на следующую (высшую) ступень, соответствующую предполагаемой величине измеряемой мощности.
4. Включить источник мощности СВЧ и произвести отсчет по шкале прибора.
5. Рассчитать действительное значение мощности и погрешность измерения.

Примечание. Нормированные погрешности измерения гарантируются при времени отсчета мощности до 5 с. Погрешность нормирована для измерения мощности, поглощенной в терморезисторе.

Ваттметр поглощаемой мощности М3-3А

Измеритель средних мощностей предназначен для измерения мощности незатухающих и импульсно-модулированных колебаний высокочастотных генераторов в условиях лабораторий, заводских цехов и ремонтных мастерских.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения мощностей:

незатухающих колебаний от 0,25 до 15 Вт;

импульсно-модулированных (прямоугольными импульсами) колебаний от 0,005 до 5 кВт в импульсе (при средней мощности не более 15 Вт).

2. Основная погрешность измерения мощности:

незатухающих колебаний ±15% от измеряемой величины;

импульсно-модулированных колебаний ±20% от измеряемой величины.

3. Диапазон частот 0,03— 1,2 ГГц.

4. Входное сопротивление прибора 75 Ом при КСВ не более 1,25 в диапазоне частот 30—200 МГц и не более 1,4 в диапазоне частот 200—1200 МГц.

5. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220, 127, 110 В или частотой 400 Гц напряжением 115 В ±3%. Потребляемая мощность около 30 Вт.

6. Вес прибора 14 кг, габаритные размеры 240 × 210 × 270 мм.

Схема прибора

Принцип действия измерителя средних мощностей типа М3-3А основан на измерении пиковым вольтметром напряжения на известном сопротивлении, служащем нагрузкой для исследуемого источника высокочастотной мощности.

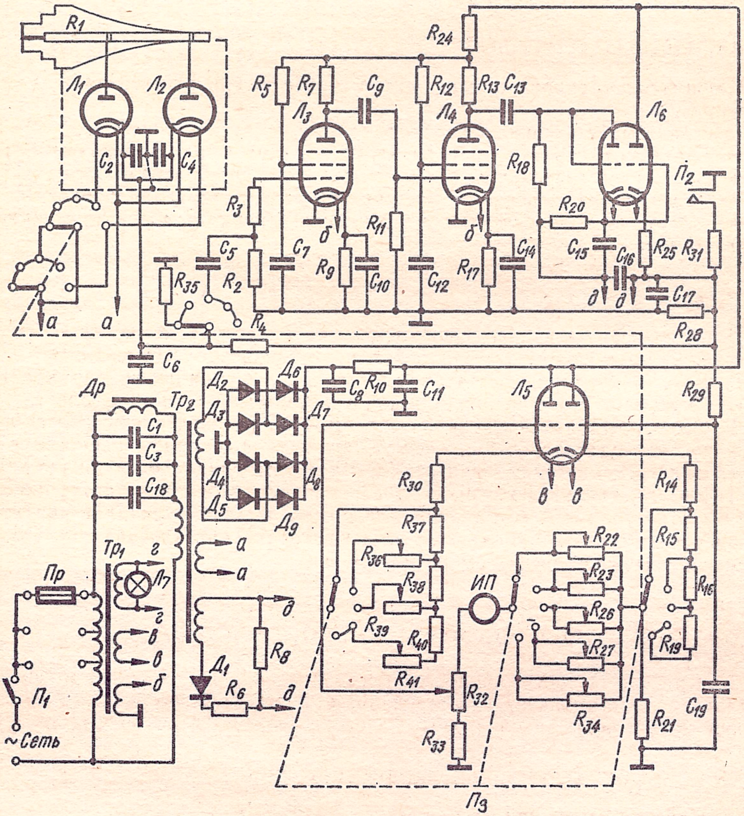

R1
Л1
Л2
C2
C4
а
а
R24
R5
R7
C9
R12
R13
C13
Л3
Л4
Л6
R18
П2
R3
б
R11
б
R20
C5
C7
C15
C16
R25
R31
R35
R2
R9
C10
C12
R17
C14
д
д
C17
R4
R28
C6
Др
Тр2
Д6
Д2
C8
R10
C11
Д3
Д7
Л5
R29
C1
C3
Д4
Д8
R30
R14
C18
Д5
Д9
в
в
R37
R22
R15
R36
R23
Тр1
г
Л7
а
а
Пр
R38
ИП
R26
R16
г
д
в
в
R39
R40
R27
R19
б
Д1
R8
R41
R32
П1
R6
д
R34
R21
C19
~Сеть
R33
П3

Рис. 85. Принципиальная схема прибора М3-3А.

В качестве нагрузочного сопротивления в измерителе мощности используется поверхностный углеродистый высокочастотный резистор УНУ-25 ($R_1 = 75$ Ом), заключенный в специальный согласующий экран. Размеры и конфигурация экрана подобраны такими, что в диапазоне частот 30—200 МГц коэффициент стоячей волны K на входе прибора составляет не более 1,25 (причем на участке этого диапазона от 75 до 150 МГц $K \leqslant 1{,}15$), а в диапазоне частот 0,2—1,2 ГГц $K \leqslant 1{,}4$.

Нагрузочное сопротивление допускает рассеивание на нем мощности до 15 Вт. Измеряемая высокочастотная мощность непрерывных или импульсно-модулированных колебаний подается непосредственно или через коаксиальный соединительный кабель на вход прибора или на нагрузочное сопротивление R_1. Напряжение высокой частоты снимается с части нагрузочного сопротивления и измеряется пиковым вольтметром. Значение измеряемой высокочастотной мощности отсчитывается по шкале индикаторного прибора, проградуированной в единицах мощности.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 85.

Нагрузочное сопротивление R_1 выполнено в виде фарфоровой трубки диаметром 28 мм и длиной 180 мм, наружная поверхность которой покрыта незащищенным поглощающим слоем углерода. Концы сопротивления посеребрены, кроме того, на половине и на одной шестой части трубки также имеются серебряные пояски, к которым подсоединены аноды измерительных высокочастотных диодов пикового вольтметра, служащих для детектирования высокочастотного напряжения.

Высокочастотные диоды помещены в специальной диодной головке, при помощи которой осуществляется непосредственный контакт каждого диода с соответствующим пояском нагрузочного сопротивления. Такая конструкция обеспечивает наиболее короткий путь токам высокой частоты и, таким образом, уменьшает частотную погрешность входной цепи вольтметра. Резонансная частота диода в диодной головке — около 4 ГГц.

Схема пикового вольтметра прибора отличается от обычной схемы тем, что показания его практически не зависят от скважности высокочастотных импульсов и от смены ламп. Поэтому в схеме применен конденсатор большой емкости C_{17}, на котором автоматически поддерживается напряжение, близкое к амплитуде высокочастотных импульсов, поступающих на вход прибора. Конденсатор C_{17} связан непосредственно с усилителем постоянного тока, а через развязывающее сопротивление R_4 — с емкостью в катоде диода $Л_1 (Л_2)$.

Импульсы измеряемой энергии СВЧ, поступающие на диод $Л_1$ (или $Л_2$), вызывают на соответствующем конденсаторе C_2 или C_4 (параллельно включенном с конденсатором C_6) пульсации напряжения видеочастоты. Амплитуда этих пульсаций пропорциональна разности между пиковыми значениями входного напряжения и постоянным напряжением на конденсаторе большой емкости C_{17}, зашунтированном сопротивлением R_{28} (10 МОм). Уровень напряжения на конденсаторе C_{17} поддерживается постоянным за счет подзаряда конденсатора от источника анодного напряжения (+300 В) через ламповое реле (правый триод лампы $Л_6$) в моменты прихода высокочастотных импульсов. Величина напряжения на конденсаторе C_{17} никогда не бывает больше амплитуды приходящих ипмульсов (даже в моменты, когда реле открыто) и очень незначительно понижается в моменты отсутствия импульсов (при запертом реле) из-за большой постоянной времени разряда конденсатора C_{17} ($\tau_{раз} = 40$ с), даже при самой малой частоте следования высокочастотных импульсов (50 Гц).

Практически разность между напряжением на конденсаторе C_{17} и амплитудой измеряемых импульсов составляет несколько милливольт. Это малое разностное напряжение усиливается двухкаскадным усилителем видеоимпульсов, собранном на лампах $Л_3$ и $Л_4$ и имеющим коэффициент усиления более 1000 в интервале рабочих частот от 50 до 1000 Гц при длительности импульсов $\tau_и \geqslant 1$ мкс.

Усиленные видеоимпульсы подаются на детектор-расширитель, выполненный на левой части лампы $Л_6$, сопротивлении R_{20} и конденсаторе C_{15}, а затем поступают на сетку лампового реле (правая часть лампы $Л_6$). Некоторое расширение видеоимпульсов детектором способствует выравниванию времени отпирания реле при различных длительностях высокочастотных импульсов, поступающих на вход прибора.

Установившееся «постоянное» напряжение на конденсаторе C_{17}, почти равное амплитуде высокочастотных импульсов, поступающих на вход прибора, подается на усилитель постоянного тока, собранный по мостовой схеме на лампе $Л_5$.

Описанные процессы происходят при измерении импульсов мощности 50, 500 и 5000 Вт.

При измерении непрерывной мощности (1,5 и 15 Вт) вход усилителя импульсов отключается, и схема работает как обычный пиковый вольтметр. Выпрямленное напряжение с резисторов R_4, R_{28} в катоде диода $Л_1$ (или $Л_2$) также подается на вход усилителя постоянного тока, собранного на лампе $Л_5$.

Стрелочный индикаторный прибор *ИП* включен в измерительную диагональ моста, образованного триодами лампы $Л_5$ и сопротивлениями в катодных цепях ламп. Плечи моста подобраны так, что при отсутствии высокочастотных колебаний мост сбалансирован, и стрелка индикаторного прибора стоит на нуле.

При подаче измеряемой высокочастотной мощности на нагрузочное сопротивление на сетку левого триода лампы $Л_5$ поступает положительное напряжение, близкое по величине к пиковому значению высокочастотного напряжения на одном из отводов нагрузочного сопротивления. Баланс моста при этом нарушается и стрелка прибора *ИП* дает отклонение, пропорциональное амплитуде высокочастотного напряжения на нагрузочном сопротивлении. Шкала индикаторного прибора проградуирована в ваттах высокочастотной мощности, подаваемой на нагрузочное сопротивление, и имеет характер близкий к квадратичному.

Весь диапазон измеряемых мощностей разбит на 5 поддиапазонов ($П_3$):

для измерения мощности при непрерывной генерации:

1) 0,25 — 1,5 Вт; 2) 1,5 — 15 Вт;

для измерения мощности импульсно-модулированных колебаний:

3) 5—50 Вт; 4) 50—500 Вт; 5) 500—5000 Вт.

При переключении пределов изменения мощности (шкалы прибора) изменяется чувствительность лампового вольтметра путем измерения величин сопротивлений в цепях катодов триодов схемы усилителя постоянного тока и в измерительной диагонали моста.

Для перекрытия всего диапазона измеряемых мощностей от 0,25 до 5000 Вт в приборе применены два высокочастотных диода, подключенные соответственно к двум отводам от нагрузочного сопротивления (от 1/2 и 1/6 общей величины сопротивления). В таком случае при измерении любого данного значения мощности работает только один из диодов (накал неработающего диода выключается).

Высокочастотный диод, подсоединенный к отводу от 1/2 сопротивления, работает на первых четырех поддиапазонах, а диод, подсоединенный к отводу от 1/6 сопротивления,— на последнем поддиапазоне (500—5000 Вт).

В мостовую схему усилителя постоянного тока входят постоянно сопротивления R_{21}, R_{32}, R_{33}, а также другие сопротивления, включаемые поочередно при переключении пределов измерения. Переменное сопротивление R_{32} служит для установки начального баланса моста. Переменные сопротивления R_{22}, R_{23}, R_{26}, R_{27} и R_{34}, включаемые последовательно с индикаторным прибором в измерительную диагональ моста, служат для регулировки чувствительности индикаторного прибора при переходе с одного предела измерения мощности на другие.

При измерении импульсных мощностей (на шкалах «импульсная»), ввиду большой постоянной времени разряда цепи $\tau_{раз} = 40$ с, при выключении высокочастотной мощности для проверки начального баланса моста стрелка индикаторного прибора долго не устанавливается на нуль. Для ускорения балансировки моста в схеме предусмотрено шунтирование конденсатора C_{17} сопротивлением R_{31} (150 кОм), что достигается нажатием кнопки $П_2$ с гравировкой «разряд».

Блок питания состоит из автотрансформатора $Тр_1$, дросселя феррорезонансного стабилизатора *Др*, зашунтированного конденсаторами C_1, C_3 и C_{18}, анодно-накального трансформатора $Тр_2$ и двух выпрямителей. Выпрямитель напряжения анодного питания выполнен по двухполупериодной схеме на селеновых выпрямителях. Для фильтрации переменной составляющей на выходе выпрямителя применен П-образный фильтр, состоящий из R_{10}, C_8 и C_{11}. Постоянное стабилизированное напряжение на выходе выпрямителя равно 300 В. Селеновый выпрямитель напряжения смещения обеспечивает получение стабилизированного напряжения 70 В. Феррорезонансная стабилизация напряжений обеспечивает независимость показаний прибора при изменении напряжения сети на +5 и —15%. При частоте сети 400 Гц изменение напряжения на ±3% вполне допустимо и стабилизация не требуется.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа М3-3А приведена в табл. 47.

47. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа М3-3А

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	УНУ-25	75 Ом	R_{34}	МЛТ-0,5	10 кОм
R_2	МЛТ-0,5	470 кОм	R_{35}	МЛТ-0,5	82 кОм
R_3, R_4	МЛТ-0,5	68 кОм	R_{36}	СП-II-1-А	10 кОм
R_5	МЛТ-0,5	82 кОм	R_{37}	МЛТ-0,5	10 кОм
R_6	МЛТ-0,5	750 кОм	R_{38}	Проволочный	15 кОм
R_7	МЛТ-2	30 кОм	R_{39}	СП-II-1-А	47 кОм
R_8	МЛТ-0,5	820 кОм	R_{40}	МЛТ-0,5	47 кОм
R_9	МЛТ-0,5	220 Ом	R_{41}	СП-II-1-А	100 кОм
R_{10}	МЛТ-2	3,9 кОм	C_1	МБГП-1000	1 мкФ
R_{11}	МЛТ-0,5	470 кОм	C_2	Конструктивный	300 пФ
R_{12}	МЛТ-0,5	82 кОм	C_3	МБГП-1000	1 мкФ
R_{13}	МЛТ-2	20 кОм	C_4	Конструктивный	300 пФ
R_{14}	Проволочный	7,5 кОм	C_5	КСО-250	1000 пФ
R_{15}	»	35 кОм	C_6	КСО-500	470 пФ
R_{16}	»	51 кОм	C_7	КСО-1000	10000 пФ
R_{17}	МЛТ-0,5	220 Ом	C_8	МБГО-500	10 мкФ
R_{18}	МЛТ-0,5	470 кОм	C_9, C_{10}	КСО-250	10000 пФ
R_{19}	Проволочный	90 кОм	C_{11}	МБГО-50	10 мкФ
R_{20}	МЛТ-0,5	4,7 МОм	C_{12}—C_{15}	КСО-250	10000 пФ
R_{21}	Проволочный	10 кОм	C_{16}	МБГП-40	0,25 мкФ
R_{22}, R_{23}	»	6,8 кОм	C_{17}	МБГП-40	4 мкФ
R_{24}	МЛТ-2	3,9 кОм	C_{18}	МБГП-1000	10 мкФ
R_{25}	МЛТ-0,5	6,8 кОм	C_{19}	КСО-500	1000 пФ
R_{26}	Проволочный	6,8 кОм	$Л_1$, $Л_2$	6Д8Д	—
R_{27}	»	15 кОм	$Л_3$, $Л_4$	6Ж1П	—
R_{28}, R_{29}	МЛТ-1	10 МОм	$Л_5$, $Л_6$	6Н2П	—
R_{30}	Проволочный	7,5 кОм	$Л_7$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{31}	МЛТ-0,5	150 кОм	$Д_1$—$Д_9$	АВС-6-330	—
R_{32}	Проволочный	4,7 кОм	ИП	Микроамперметр	—
R_{33}	»	2 кОм			

Подготовка прибора к работе

Все органы управления прибором, входная коаксиальная фишка, стрелочный индикатор и колодка для подключения напряжения питающей сети выведены на переднюю панель (рис. 86).

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в том, что переключатель напряжения сети установлен в соответствии с имеющимся напряжением сети.
2. Установить переключатель сети в положение выключено, т. е. вниз.
3. Подключить кабель питания к сети.
4. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 5 мин.

5. Ручкой «установка нуля» поставить стрелку индикаторного прибора на нуль.

После выполнения перечисленных операций прибор готов к проведению измерений.

Измерение мощности

Для измерения мощности необходимо:

1. Установить переключатель пределов измерения мощности «шкалы» в нужное положение.

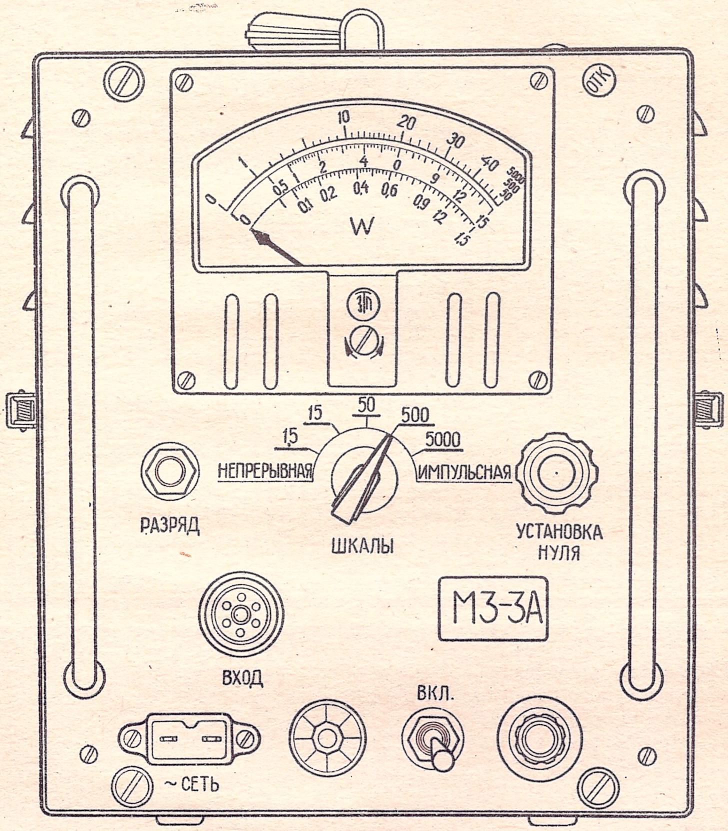

ОТК
10
20
30
40
5000
500
50
0
1
2
4
0
9
12
15
0,5
1
0,1
0,2
0,4
0,6
0,9
12
15
W
ЗП
15
50
500
1,5
5000
НЕПРЕРЫВНАЯ
ИМПУЛЬСНАЯ
РАЗРЯД
ШКАЛЫ
УСТАНОВКА НУЛЯ
М3-3А
ВХОД
ВКЛ.
~СЕТЬ

Рис. 86. Вид передней панели прибора М3-3А.

Если примерная величина измеряемой мощности неизвестна, то следует начать измерения на шкале 15 Вт (второе положение переключателя) — при измерении непрерывной мощности или на шкале 5000 Вт (пятое положение переключателя) — при измерении импульсной мощности.

2. Подать измеряемую мощность непосредственно на коаксиальный вход прибора или через соединительный высокочастотный кабель, придаваемый к прибору.

3. Произвести отсчет по соответствующей шкале стрелочного индикаторного прибора в ваттах. Для определения величины измеряемой мощности отсчет по шкале следует умножить не частотную поправку, приведенную в формуляре прибора.

Примечание. При переходе со шкалы 500 Вт на шкалу 5000 Вт и обратно необходимо отключать измеряемую мощность и давать прибору прогреться в течение 5 мин, так как при этом происходит отключение одного и подключение другого высокочастотного измерительного диода.

4. Оценить вероятную суммарную погрешность результата измерения (с учетом основной погрешности и погрешности измерения за счет рассогласований в измерительном тракте).

Измеритель поглощаемой мощности МЗ-4

Предназначен для измерения средней мощности незатухающих и импульсно-модулированных колебаний в лабораторных и заводских условиях. Прибор МЗ-4 заменяет прибор 39-И.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот (волн):
   2500 — 4000 МГц (12—17,5 см);
   8700—9600 МГц (3,45 — 3,1 см);
   36500—37200 МГц (0,824—0,808 см).
2. Диапазон измеряемых мощностей 5—2000 Вт (среднее значение).
3. Вход измерителя мощности:
   непосредственно через насадки — волновод сечением 72 × 34 мм для десятисантиметрового диапазона волн;
   через переходники — волновод сечением 23 × 10 мм для трехсантиметрового диапазона волн.
4. Максимальная импульсная мощность 1 МВт.
5. Погрешность измерения мощности не более ±7%.
6. Коэффициент бегущей волны в линии, нагруженной поглощающей насадкой прибора МЗ-4, не более 0,85.
7. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127 и 220 В ±10%.
8. Вес прибора (без воды) 60 кг, вес дополнительного радиатора (без воды) 12 кг.
9. Габаритные размеры:
   измерительного блока 390 × 409 × 620 мм;
   насадки 90 × 116 × 350 мм;
   дополнительного радиатора 234 × 296 × 427 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема измерителя мощности МЗ-4 (рис. 87) содержит две основные схемы: измерения мощности и калибровки прибора.

Схема измерения мощности представляет собой калориметрический измеритель мощности, который работает следующим образом. Высокочастотная мощность, подведенная к насадке прибора, нагревает воду. По установленной скорости движения воды (по расходу воды) и разности температур воды, выходящей и входящей в насадку, определяют величину измеряемой мощности. Разность температур воды измеряется при помощи термопреобразователя $ТП_2$. Постоянное напряжение с термопреобразователя подается на прибор через переменное сопротивление R_4 (при измерении мощности до 500 Вт) или через делитель R_4, R_5 (при измерении мощности более 500 Вт). Пределы измерения переключаются переключателем $П_6$, выведенным на переднюю панель (рис. 88, *а*). Ручка переменного сопротивления R_4 выведена на переднюю панель (ручка «точно»).

Расход воды устанавливается при калибровке шкалы прибора «мощность ВЧ». При этом мощность калибровки устанавливается по прибору $ИП_1$, работающему от термопреобразователя $ТП_1$. Мощность калибровки регулируется переключателем $П_3$ и автотрансформатором $АТ_1$. Ручки переключателя и автотрансформатора выведены на переднюю панель и обозначены «диапазон калибровки» и «мощность калибровки». После установки необходимой мощности калибровки регулятором расхода воды (подбором сечения водопровода) достигается соответствие показаний приборов $ИП_2$ («мощность ВЧ») и $ИП_1$ («калибровка»). Расход воды регулируется ручкой, обозначенной на передней панели «установка шкалы грубо». При калибровке с автотрансформатора $АТ_2$ на спираль насадки подается строго определенная мощность от сети переменного тока в зависимости от положения переключателя $П_3$. В этом случае насадка нагревается аналогично нагреву от высокочастотного сигнала, и показание шкалы прибора «мощность ВЧ» соответствует величине измеряемой мощности. Для быстрого приведения показаний прибора «мощность ВЧ» к нулю в схеме измерителя мощности имеется кнопка «сброс». При нажатии этой кнопки открывается второй путь воде, минуя регулятор расхода, соответствующий расходу воды.

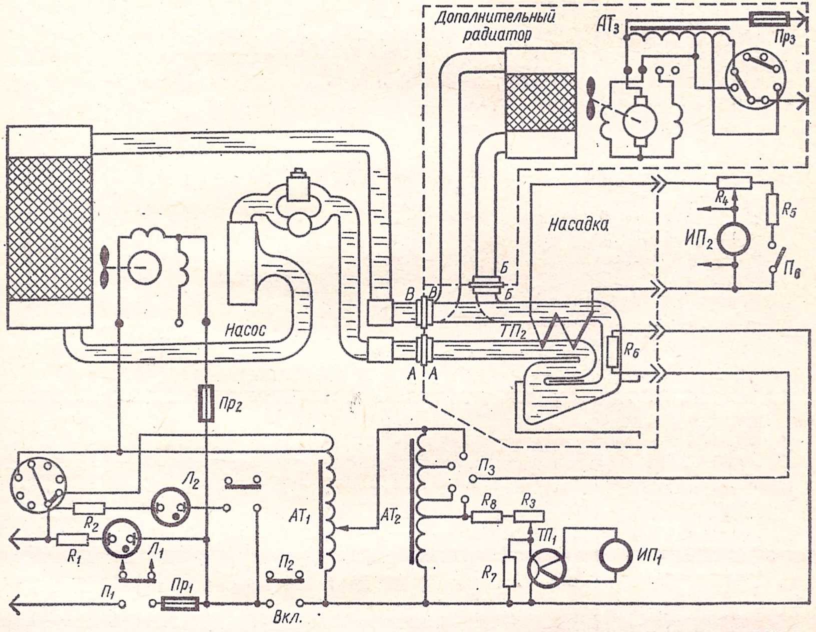


Рис. 87. Принципиальная схема прибора М3-4.

Для получения постоянного потока вода в приборе М3-4 проходит по замкнутому контуру: радиатор измерительного блока (нижний патрубок), насос, регулятор расхода воды (или кнопка сброса), автоматический клапан, через шланг («АА») в стеклянную трубку насадки (толстый конец), термоблок, соединительный шланг («ББ»), радиатор (верхняя часть). При измерении больших мощностей (до 2000 Вт) в систему водоснабжения включается дополнительный радиатор.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю (рис. 88, *а*) и на заднюю (рис. 88, *б*) панели. Доступ к горловине «залив воды» и к масленке сальника насоса осуществляется через откидные крышки на верхней стенке кожуха.

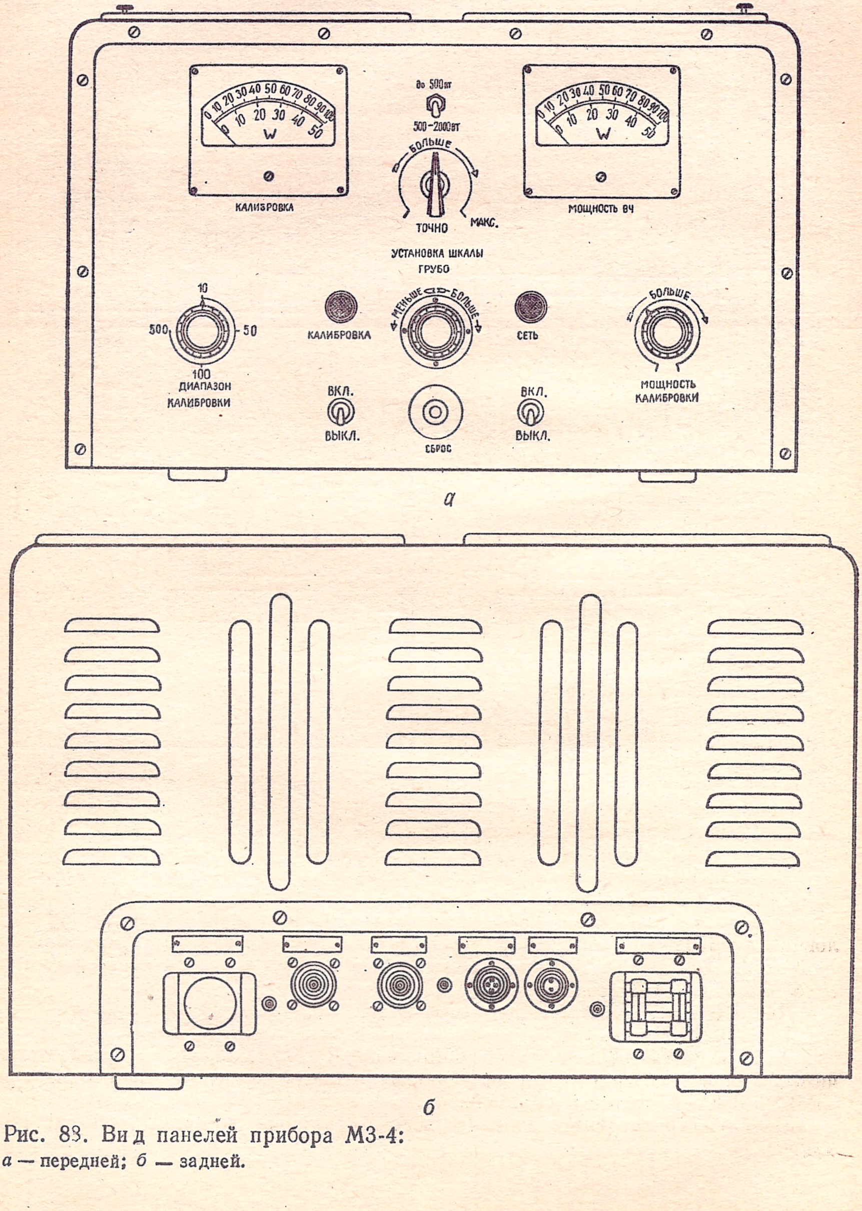

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
0 10 20 30 40 50
W
КАЛИБРОВКА
до 500вт
500–2000вт
БОЛЬШЕ
ТОЧНО
МАКС.
УСТАНОВКА ШКАЛЫ
ГРУБО
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
0 10 20 30 40 50
W
МОЩНОСТЬ ВЧ
10
500
50
100
ДИАПАЗОН
КАЛИБРОВКИ
КАЛИБРОВКА
МЕНЬШЕ
БОЛЬШЕ
СЕТЬ
БОЛЬШЕ
МОЩНОСТЬ
КАЛИБРОВКИ
ВКЛ.
ВЫКЛ.
СБРОС
ВКЛ.
ВЫКЛ.
а
б

Рис. 88. Вид панелей прибора МЗ-4:
а — передней; *б* — задней.

Сливной кран выведен внизу прибора. На заднюю стенку прибора выведены штепсельные разъемы для подключения сети питания и термоблока насадки (рис. 89). Сюда же выведены соединительные патрубки для включения насадки в систему водоснабжения измерительного блока.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Штуцеры и штепсельный разъем соединительного шланга насадки присоединить к измерительному блоку в соответствии с буквенными обозначениями.

2. Открыть откидную крышку кожуха (левую) и, отвинтив пробку горловины «заливка воды», залить в систему чистую прокипяченую или отстоявшуюся воду. При заливке воды насадку держать ниже уровня прибора. Воду заливать до нижнего среза горловины.

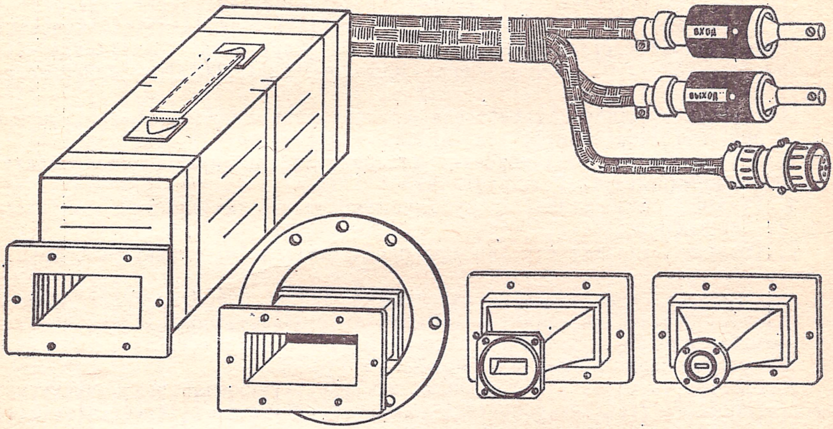


Рис. 89. Насадка и волноводные переходы прибора М3-4.

3. Переключатели «сеть» и «калибровка» установить в положение «выкл.».

4. Убедиться в том, что положение переключателя силового трансформатора (на задней стенке под крышкой) соответствует напряжению сети. На дополнительном радиаторе аналогичный переключатель находится на лицевой панели радиатора.

5. Подключить кабель питания к колодке прибора и к сети. При работе с дополнительным радиатором последний включается в сеть собственным кабелем.

6. Ручки «мощность калибровки» и «установка шкалы грубо» установить в крайнее левое положение.

7. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка и включиться электродвигатель насоса водосистемы).

8. При необходимости добавить воды в горловину, завинтить пробку горловины и закрыть крышку кожуха. Если предполагаются измерения мощности выше 500 Вт в течение более 15 мин, то в систему водоснабжения включается дополнительный радиатор.

Для этого необходимо после выполнения пп. 1—8:

1) выключить питание;

2) отсоединить штуцер от насадки на измерительном блоке и в разрыв включить дополнительный радиатор при помощи шлангов (следя по гравировкам за соответственным соединением шлангов);

3) включить питание и доливать воду в горловину до заполнения системы водой;

4) выключить питание;

5) отвернуть сливной кран на дополнительном радиаторе для спуска воздуха (до появления течи воды);

6) долить воду в горловину.

9. Перед измерением включить питание дополнительного радиатора подключением кабеля с вилкой к сети.

Калибровка шкалы прибора

Для калибровки шкалы измерителя на мощность от 50 до 500 Вт необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель пределов измерения установить в положение «до 500 вт».

3. Ручку «установка шкалы точно» установить в среднее положение.

4. Ручку переключателя «диапазон калибровки» в зависимости от ожидаемой величины высокочастотной мощности 5—50 Вт установить в положение «10» или «50»; от 50 до 100 Вт — в положение «100» и от 100 до 2000 Вт — в положение «500».

5. Включить калибровку, переведя переключатель «калибровка» в положение «вкл.», при этом должна загореться сигнальная лампочка.

6. Ручкой «мощность калибровки» установить стрелку прибора «калибровка» на 100 делений (по верхней шкале).

7. Ручкой «установка шкалы грубо» установить стрелку прибора «мощность ВЧ» на 100 делений.

8. Точную установку стрелки прибора «мощность ВЧ» произвести ручкой «точно».

Примечание. При калибровке шкалы прибора на 50 Вт процесс установления показаний прибора занимает до 1 мин, поэтому перед каждым дополнительным поворотом ручки «установка шкалы грубо» необходимо убедиться в том, что процесс установления показаний закончился.

9. Выключить ручку «калибровка», переведя переключатель в положение «выкл.», при этом стрелки приборов должны установиться в нулевое положение.

10. Ручку «мощность калибровки» повернуть влево до упора.

После выполнения указанных операций прибор М3-4 готов для измерения высокочастотной мощности на шкалах 50, 100 или 500 Вт. В процессе измерений ручки «установка шкалы точно» и «грубо» трогать нельзя.

Калибровка шкалы на 1000 Вт производится аналогично калибровке на 500 Вт за исключением того, что переключатель пределов ставится в положение «500—2000 вт», а п. 7 выполняется только ручкой «установка шкалы точно» и стрелка прибора «мощность ВЧ» устанавливается на 50 делений по верхней шкале.

После этого вся шкала прибора будет откалибрована на 1000 Вт. В процессе дальнейших измерений ручки «установка шкалы грубо» и «точно» трогать нельзя.

Калибровка шкалы на 2000 Вт производится аналогично калибровке на 1000 Вт с той лишь разницей, что стрелка прибора «мощность ВЧ» в п. 7 устанавливается на 25 делений по верхней шкале. После этого вся шкала прибора будет откалибрована на 2000 Вт. В процессе дальнейших измерений ручки «установка шкалы грубо» и «точно» трогать нельзя.

Калибровка шкалы на промежуточное значение мощности производится для получения результатов измерений с наименьшей погрешностью. Например, при измерении высокочастотной мощности 105 Вт шкала 100 Вт непригодна, а по следующей за ней шкале на 500 Вт отсчет будет недостаточно точный. В этом случае удобно иметь шкалу, например, 200 Вт.

Калибровка шкалы на промежуточное значение мощности производится аналогично калибровке шкалы на 10,50, 100, 500, 1000 и 2000 Вт с той лишь разницей, что в п. 6 показание прибора «калибровка» при помощи ручки «мощность калибровки» устанавливается равным не 100 делениям, а во столько раз меньше, во сколько выбранное значение шкалы меньше значения шкалы «мощность ВЧ» при установке стрелки прибора «калибровка» на 100 делений.

Например, необходимо откалибровать шкалу на 200 Вт. Для этого определяют, какую часть составляет выбранное значение (200 Вт) от основной шкалы (большей выбранного значения), имеющейся в приборе. Для нашего случая следующей основной шкалой будет 500 Вт. Таким образом, 200 Вт составляют $\frac{200}{500} = 0{,}4$ части всей шкалы прибора. Следовательно, для калибровки шкалы на 200 Вт необходимо стрелку прибора «калибровка» в п. 6 устанавливать на 40 делений ($0{,}4 \times 100 = 40$).

Примечание. Положение стрелки «калибровка» следует уточнять в соответствии с поправками, приведенными в формуляре прибора.

Измерение мощности

Для измерения мощности необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Откалибровать шкалу измерителя мощности.
3. Подсоединить насадку прибора М3-4 к исследуемому генератору соответствующим волноводным переходом.
4. Включить исследуемый генератор (объект измерения).
5. Произвести отсчет измеренной мощности по показаниям прибора «мощность ВЧ» в соответствии с предварительной калибровкой.

Предостережение. В процессе измерения высокочастотной мощности запрещается выключать питание прибора М3-4, так как это поведет к порче насадки прибора.

Чтобы сократить время, необходимое для подготовки прибора к повторным измерениям (приведение показаний прибора «мощность ВЧ» к нулю), следует пользоваться кнопкой «сброс». Для этого необходимо:

1. Выключить исследуемый генератор.
2. Нажать кнопку «сброс» до отказа и держать в этом положении до установки стрелки прибора на нуль.
3. Включить исследуемый генератор и произвести повторные измерения.

В процессе измерения мощности необходимо периодически контролировать правильность калибровки шкалы измерителя мощности. Калибровка производится обычным порядком при выключенном исследуемом генераторе.

Измеритель поглощаемой мощности М3-10

Предназначен для измерения средней мощности низких уровней немодулированных и импульсно-модулированных сигналов СВЧ.

Прибор М3-10 состоит из измерительного моста типа М4-2 и шести терморезисторных головок М5-17, 18, 19, 20, 21, 22.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения мощности до
50—150—500—1500—5000—7500 мкВт.

2. Диапазон частот определяется применяемой терморезисторной головкой:

0,15—3 ГГц — коаксиальная терморезисторная головка М5-17 с сопротивлением входа $\rho = 75$ Ом, коэффициентом преобразования $\eta = 0{,}85$ и коэффициентом стоячей волны $K = 1{,}5$;

2,7—5,6 ГГц — коаксиальная терморезисторная головка М5-18, $\rho = 50$ Ом, $\eta = 0{,}85$, $K = 1{,}5$;

5,6—8,4 ГГц — волноводная терморезисторная головка М5-19, (35×15 мм), $\eta = 0{,}8$, $K = 1{,}7$;

8,4—11,5 ГГц — волноводная терморезисторная головка М5-20 (23×10 мм), $\eta = 0{,}8$, $K = 1{,}7$;

11,5 —14,6 ГГц — волноводная терморезисторная головка М5-21 (17×8 мм), $\eta = 0{,}7$, $K = 1{,}7$;

14,6—16,7 ГГц — волноводная терморезисторная головка М5-22 (17×8 мм), $\eta = 0{,}7$, $K = 1{,}7$.

3. Рабочие сопротивления терморезисторных головок, при которых можно производить измерения, 75, 100, 150, 200 и 300 Ом. Мост может быть использован с любыми другими терморезисторными головками с таким же сопротивлением и мощностью начального смещения при рабочем сопротивлении не менее 9 мВт.

4. Погрешность прибора при температуре окружающей среды 20 ± 5° С, относительной влажности 65 ± 15% и атмосферном давлении 750 ± 30 мм рт. ст.:

15% на пределах 50 и 150 мкВт;
10% на остальных пределах.

5. Рабочие условия эксплуатации:

температура окружающей среды от —30 до +50° С;

дополнительная погрешность измерения 0,5% на каждые 10′ от нормальной температуры 25 ± 5° С;

относительная влажность до 95%.

6. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В ± 10%, потребляемая мощность не более 35 ВА.

7. Вес прибора 28 кг, габаритные размеры 475 × 430 × 294 мм.

Схема прибора

Измеритель мощности М3-10 состоит из терморезисторной головки (М5-17 — М5-23), измерительного моста М4-2 и блока питания. Измеритель мощности показан на упрощенной схеме (рис. 90), которая состоит из терморезистора $R_т$, двойного терморезисторного моста и генератора на 65 кГц.

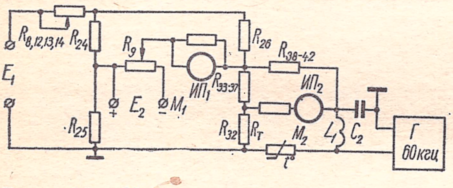


Рис. 90. Упрощенная схема прибора М3-10.

Основой схемы является двойной уравновешенный мост (M_1— внешний, M_2— внутренний). Три плеча внешнего моста образованы сопротивлениями R_{24}, R_{25}, R_{26}, четвертым плечом является внутренний мост, три плеча которого образованы сопротивлениями R_{32}—R_{42}, а четвертое сопротивлением терморезистора $R_т$.

В зависимости от рабочего сопротивления терморезистора (75, 100, 150, 200 и 300 Ом) сопротивления других плеч переключаются таким образом, что эквивалентное сопротивление внутреннего моста сохраняется равным 300 Ом. При этом внешний мост оказывается сбалансированным. Исходный режим мостов обеспечивается тем, что на терморезистор, независимо от его сопротивления, подается от источника E_1 мощность подогрева 8 мВт, регулируемая переменным сопротивлением при калибровке прибора. Окончательно мосты балансируются регулировкой мощности, подводимой к терморезистору от внутреннего генератора 65 кГц.

Внешнюю ВЧ мощность, подводимую к терморезистору, измеряют методом компенсации (балансное измерение) или методом прямого отсчета.

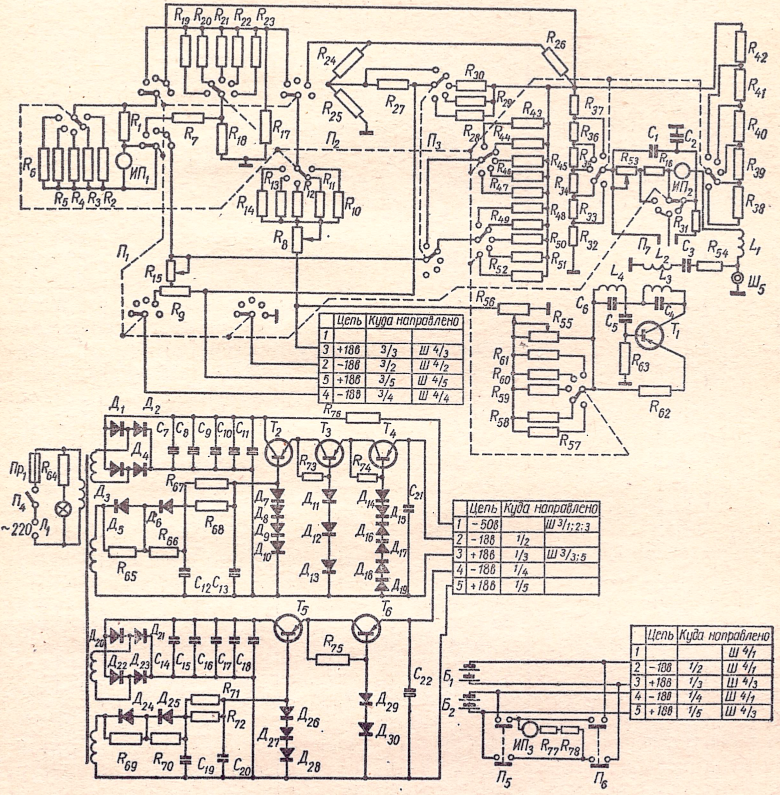
В первом случае измеряемая мощность приводит к разбалансу моста M_2, который снова восстанавливается пропусканием через терморезистор компенсирующего тока от источника E_2. Величина этого тока, пропорциональная измеряемой мощности, фиксируется прибором $ИП_1$, шкала которого проградуирована в единицах мощности.

При прямом отсчете величина измеряемой мощности определяется по степени разбаланса моста M_2, после подачи на его терморезистор внешней ВЧ мощности, по показаниям прибора $ИП_2$.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 91.

Переключение сопротивления плеч осуществляется переключателем $П_2$, ручка которого на приборе выведена на заднюю стенку с обозначением «сопротивление термистора».

Мощность исходного подогрева терморезистора берется от выпрямителя блока питания. Постоянная величина мощности подогрева при различных сопротивлениях терморезистора обеспечивается переключением сопротивлений R_{10} — R_{14}, осуществляемым тем же переключателем $П_2$. Точное значение мощности подогрева (8 мВт) устанавливается при помощи переменного сопротивления R_8 по показаниям прибора $ИП_1$ (по установке его показаний на отметку 150 при калибровке прибора). Ручка сопротивления R_8 на передней панели обозначена «калибровка» (маленькая ручка). Прибор $ИП_1$ в положении «калибровка» переключателем рода работы $П_1$ подключается к резисторам R_{19} — R_{23}. Необходимая чувствительность прибора устанавливается переключением сопротивлений шунтов R_2 — R_6. Переключение сопротивлений R_2 — R_6 и R_{19} — R_{23} осуществляется переключателем $П_2$ при установке рабочего сопротивления терморезистора.


R19 R20 R21 R22 R23
R24
R25
R26
R27
R30
R29
R28
R43
R44
R45
R46
R47
R48
R49
R50
R51
R52
R37
R36
R35
R34
R33
R32
R42
R41
R40
R39
R38
R1
R7
R18
R17
П2
П3
R6
R5 R4 R3 R2
ИП1
R13 R12 R11
R14
R10
R8
П1
R15
R9
C1 C2
R53
R16
ИП2
R31
П7
L2
C3
R54
L1
Ш5
L4
L3
C6
C4
C5
T1
R63
R56
R55
R61
R60
R59
R58
R57
R62
R76
Д1 Д2
C7 C8 C9 C10 C11
Д4
T2 T3 T4
R73 R74
Пр1
R64
П4
Л1
~220
R67
Д3
Д6
Д5
R66
R68
R65
C12 C13
Д7 Д8 Д9 Д10
Д11 Д12 Д13
Д14 Д15 Д16 Д17 Д18 Д19
C21
T5 T6
Д20 Д21
Д22 Д23
C14 C15 C16 C17 C18
R75
C22
Д24 Д25
R71
R72
R69 R70
C19 C20
Д26 Д27 Д28
Д29 Д30
Б1
Б2
ИП3 R77 R78
П5
П6

	Цепь	Куда направлено	
1			
3	+18в	3/3	Ш 4/3
2	−18в	3/2	Ш 4/2
5	+18в	3/5	Ш 4/5
4	−18в	3/4	Ш 4/4

	Цепь	Куда направлено	
1	−50в		Ш 3/1;2;3
2	−18в	1/2	
3	+18в	1/3	Ш 3/3;5
4	−18в	1/4	
5	+18в	1/5	

	Цепь	Куда направлено	
1			Ш 4/1
2	−18в	1/2	Ш 4/1
3	+18в	1/3	Ш 4/3
4	−18в	1/4	Ш 4/1
5	+18в	1/5	Ш 4/3

Рис. 91. Принципиальная схема прибора М3-10.

Мощность внутреннего генератора для баланса мостов регулируется грубо при помощи потенциометра R_{56} и плавно переменным сопротивлением R_{55}. Ручки этих регулировок обозначены на передней панели «баланс» (большая и маленькая

48. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа М3-10

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ПИ	1500 Ом	R_{51}	СП-1-1-А	500 Ом
R_2	ПИ	79,3 Ом	R_{52}	СП-1-1-А	10 кОм
R_3	ПИ	92,4 Ом	R_{53}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_4	ПИ	114,9 Ом	R_{54}	МЛТ-0,5	220 Ом
R_5	ПИ	134,4 Ом	R_{55}	МЛТ-0,5	330 Ом
R_6	ПИ	168 Ом	R_{56}, R_{57}	МЛТ-0,5	470 Ом
R_7	ППИ(а)	750 Ом	R_{58}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_8	ППБ-2А	10 кОм	R_{59}	МЛТ-2	39 кОм
R_9	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{60}	МЛТ-2	180 кОм
R_{10}	МЛТ-0,5	330 Ом	R_{61}, R_{62}	МЛТ-1	270 кОм
R_{11}	СП-1-1-А	500 Ом	R_{63}, R_{64}	МЛТ-2	82 кОм
R_{12}	МЛТ-0,5	12 кОм	R_{65}, R_{66}	МЛТ-1	270 кОм
R_{13}	ПИ	1 кОм	R_{67}, R_{68}	МЛТ-2	82 кОм
R_{14}	ПИ	550 Ом	R_{69}	МЛТ-2	3,9 кОм
R_{15}	ПИ	17,5 Ом	R_{70}, R_{71}	МЛТ-2	2,2 кОм
R_{16}	ПИ	20,3 Ом	R_{72}	ПЭВР-25	62 Ом
R_{17}	ПИ	25,3 Ом	C_1, C_2	МБМ-160	1 мкФ
R_{18}	ПИ	29,4 Ом	C_3	МБМ-160	0,5 мкФ
R_{19}	ПИ	36,5 Ом	C_4, C_5	БМ-2-200	0,01 мкФ
R_{20}	ПИ	500 Ом	C_6	МБМ-160	0,1 мкФ
R_{21}	ПИ	500 Ом	C_7—C_{11}	ЭГЦ-б-150	20 мкФ
R_{22}	ПИ	300 Ом	C_{12}	ЭГЦ-б-400	20 мкФ
R_{23}	ПИ	3000 Ом	C_{13}	ЭГЦ-б-50	50 мкФ
R_{24}	ПИ	357,3 Ом	C_{14}—C_{18}	ЭГЦ-б-150	20 мкФ
R_{25}	ПИ	1618 Ом	C_{19}	ЭГЦ-б-400	20 мкФ
R_{26}	МЛТ-0,5	220 кОм	C_{20}	ЭГЦ-б-50	50 мкФ
R_{27}	МЛТ-0,5	10 кОм	C_{21}, C_{22}	ЭГЦ-б-20	200 мкФ
R_{28}	ПИ	75 Ом	L_1	—	115 вит. ПЭВ-2
R_{29}	ПИ	25 Ом			
R_{30}, R_{31}	ПИ	50 Ом	L_2	—	60 вит. ПЭВ-2
R_{32}	ПИ	100 Ом			
R_{33}	ПИ	300 Ом	L_3	—	110 вит. ПЭВ-2
R_{34}	ПИ	25 Ом			
R_{35}, R_{36}	ПИ	50 Ом	L_4	—	40 вит. ПЭВ-2
R_{37}	ПИ	100 Ом			
R_{38}	ПИ	300 Ом	$Л_1$	ТН-0,3	—
R_{39}	ПИ	25,6 Ом	$Д_1$—$Д_4$	Д7Ж	—
R_{40}	ПИ	29,7 Ом	$Д_5$, $Д_6$	Д205	—
R_{41}	ПИ	36,44 Ом	$Д_7$—$Д_{13}$	Д810	—
R_{42}	ПИ	42,1 Ом	$Д_{14}$—$Д_{19}$	Д808	—
R_{43}	ПИ	51,6 Ом	$Д_{20}$—$Д_{23}$	Д7Ж	—
R_{44}	ПИ	11,4 Ом	$Д_{24}$, $Д_{25}$	Д205	—
R_{45}	ПИ	13,2 Ом	$Д_{26}$—$Д_{30}$	Д809	—
R_{46}	ПИ	16,2 Ом	T_1	МП13Б	—
R_{47}	ПИ	18,7 Ом	T_2—T_6	П216Д (П4Г)	—
R_{48}	ПИ	22,9 Ом	$ИП_1$	Микроамперметр	—
R_{49}	СП-1-1-А	5 кОм			
R_{50}	МЛТ-0,5	100 Ом	$ИП_2$	»	

соответственно). Для повышения чувствительности индикатора баланса $ИП_2$ при точном балансе внутреннего моста с помощью кнопки $П_7$, обозначенной на передней панели «точно, нажать», замыкаются добавочные сопротивления к прибору $ИП_2$ R_{16} и R_{53}.

Внутренний генератор на 65 кГц работает на полупроводниковом триоде T_1 по схеме самовозбуждения с индуктивной обратной связью.

При установке переключателя рода работы в положения «нач. баланс», «бал. измер.» и «прямой отсчет» прибор $ИП_1$ с шунтами R_2 — R_6 последовательно с переменными сопротивлениями R_9 и R_{15} включаются в измерительную диагональ внешнего моста. Генераторная диагональ в этом случае подключается к источнику через R_8, R_{10} — R_{14}. Источником напряжения компенсации служит выпрямитель блока питания. Напряжение компенсации подается на цепь компенсации (R_9, R_{15}) только при установке переключателя рода работы $П_1$ в положение «бал. измер». Компенсирующее напряжение регулируется грубо сопротивлением R_9 и плавно — R_{15} при помощи соосных ручек, обозначенных на передней панели «измерение» (большая и маленькая соответственно).

При прямом отсчете внутренний мост балансируется от внутреннего генератора на 65 кГц. Чувствительность прибора $ИП_2$ в этом случае регулируется сопротивлением R_{53}, ручка которого на передней панели обозначена «калибровка» (большая ручка).

Расширение пределов измерения достигается шунтированием прибора $ИП_1$ резисторами R_{27}, R_{28} — R_{30}, R_{43} — R_{47}, R_{48} — R_{52} в зависимости от установленного предела измерения (переключатель $П_3$, ручка которого на передней панели обозначена «пределы измер. мкВт») и рабочего сопротивления терморезистора R_2.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа М3-10 приведена в табл. 48.

Подготовка прибора к работе

Элементы управления измерителем мощности выведены на переднюю и заднюю панели прибора (рис. 92).

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. В соответствии с диапазоном частот выбрать терморезисторную головку и соединительным кабелем, входящим в комплект, соединить с разъемом «термисторная головка» на задней панели измерителя мощности. Для головки М5-17 подсоединить дроссель № 1 (0,15—1,45 ГГц) или № 2 (1,35—3 ГГц).
2. Установить на задней панели переключатель «сопротивление термистора» в положение, соответствующее сопротивлению терморезистора выбранной головки.
3. Заземлить прибор.
4. Переключатель рода работ на передней панели поставить в положение «выкл.».
5. Переключатель сети на задней панели поставить в положение «выкл.».
6. Подсоединить шнур питания на задней панели к разъему «220» и включить в сеть 220 В 50 Гц.
7. Переключатель сети на задней панели поставить в положение «вкл.», при этом загорается сигнальная лампочка.

Калибровка прибора

Для калибровки прибора необходимо:

1. Переключатель рода работы поставить в положение «калибровка».
2. Ручкой «калибровка», нажав ее, установить по измерительному прибору указатель на риску шкалы 150 мкВт.
3. Переключатель рода работ поставить в положение «нач. баланс».
4. Ручкой «баланс» произвести баланс схемы по нуль-индикатору грубо.

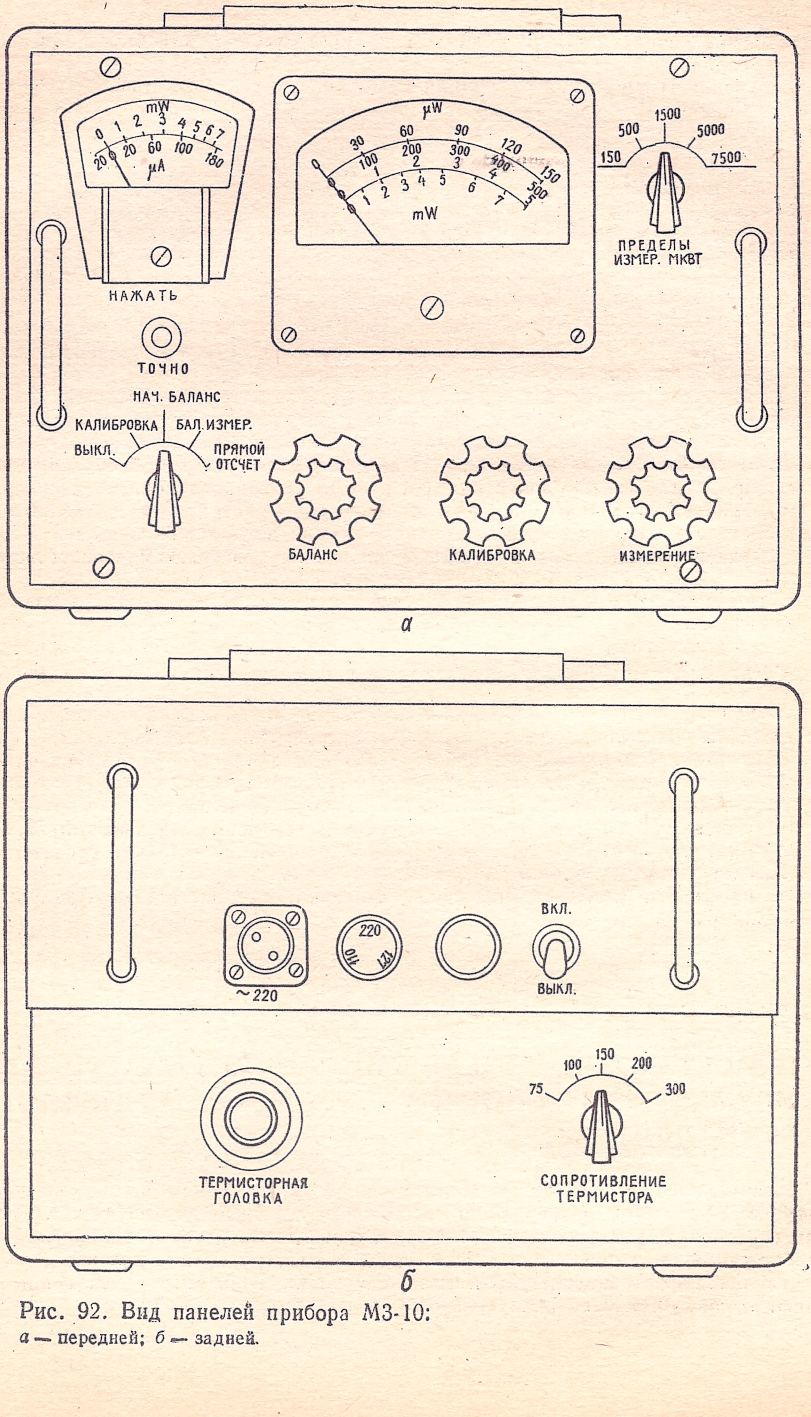

mW
0 1 2 3 4 5 6 7
20 20 60 100 180
μA
НАЖАТЬ
ТОЧНО
μW
0 30 60 90 120 150
100 200 300 400 500
1 2 3 4 5
1 2 3 4 5 6 7
mW
150 500 1500 5000 7500
ПРЕДЕЛЫ
ИЗМЕР. МКВТ
НАЧ. БАЛАНС
КАЛИБРОВКА
БАЛ. ИЗМЕР.
ВЫКЛ.
ПРЯМОЙ
ОТСЧЕТ
БАЛАНС
КАЛИБРОВКА
ИЗМЕРЕНИЕ
а
~220
220
110
127
ВКЛ.
ВЫКЛ.
75 100 150 200 300
ТЕРМИСТОРНАЯ
ГОЛОВКА
СОПРОТИВЛЕНИЕ
ТЕРМИСТОРА
б

Рис. 92. Вид панелей прибора М3-10:
а — передней; *б* — задней.

Затем, нажав кнопку под нуль-индикатором, произвести точный баланс той же ручкой «баланс».

Балансируется мост при отсутствии ВЧ мощности на входе прибора. После первой калибровки через 10—15 мин все операции калибровки необходимо повторить.

Измерение мощности

При балансном измерении мощности необходимо:

1. Переключатель рода работ поставить в положение «бал. измер.».
2. Ручкой «измерение» восстанавливается баланс схемы при соответствующем положении ручки «пределы измер. мквт».
3. ВЧ мощность измеряемого объекта определяется по формуле

$$P_{\text{пад}} = P_{w} \frac{2 + K + \frac{1}{K}}{4\eta},$$

где P_{w} — показания ваттметра; η — коэффициент преобразования головки (по паспорту); K — КСВ головки или измеренный на входе головки.

При прямом измерении мощности необходимо:

1. Переключатель рода работ поставить в положение «нач. баланс».
2. Ручкой «баланс», вращая по часовой стрелке, разбалансировать схему так, чтобы указатель нуль-индикатора отклонился от нуля вправо.
3. Переключатель «пределы измер. мквт» установить в положение 5000.
4. Переключатель рода работ поставить в положение «бал. измер.».
5. Ручками «измерение» и «баланс» установить стрелку отсчетного прибора на отметку 3 мквт и окончательную установку произвести при нажатой кнопке «нажать точно».
6. Переключатель рода работы перевести в положение «прямой отсчет».
7. Большой ручкой «калибровка» установить стрелку нуль-индикатора на риску «К» (малую ручку «калибровка» нажимать и вращать при этом нельзя).
8. Переключатель рода работ перевести в положение «нач. баланс».
9. Ручкой «баланс» установить стрелку прибора на нуль.
10. Переключатель рода работ перевести в положение «прямой отсчет».
11. Включить объект измерения. Значение измеренной мощности отсчитать по показанию прибора «μA — mW» по шкале 7,5 мвт.
12. ВЧ мощность измеряемого объекта определяется по той же формуле, что и при балансном измерении.

ГЛАВА V

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ И ТРАКТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПОСТОЯННЫМИ (подгруппа Р)

В диапазоне СВЧ основное значение приобретают измерения параметров элементов и трактов с распределенными постоянными. Чаще других измеряются полное сопротивление n-полюсника Z, коэффициент передачи $\dot{S}$, добротность колебательной системы Q. Проще всего такие параметры в широком диапазоне частот измеряются с помощью измерительных линий, обладающих собственным волновым сопротивлением ρ и характеристикой детектора $i_{\text{д}} = f(u_{\text{д}})$.

Измерительная линия с подвижной измерительной головкой, включаемая в разрыв канала передачи между генератором и нагрузкой, при настройке головки на частоту генератора дает возможность установить:

местоположение первого узла напряжения в линии (x_0) при коротком замыкании ее со стороны нагрузки (рис. 93);

расстояние между узлами напряжения $x_0'' - x_0' = x_0' - x_0 = l_\lambda$;

смещение узла при подключении к линии произвольной нагрузки вместо короткого замыкателя $x_0 - x = l$;

величину отклонения указателя прибора измерительной головки в зависимости от места ее положения вдоль линии A.

По этим данным можно определить:

длину волны в линии Λ;

коэффициент стоячей волны напряжения K (коэффициент бегущей волны K);

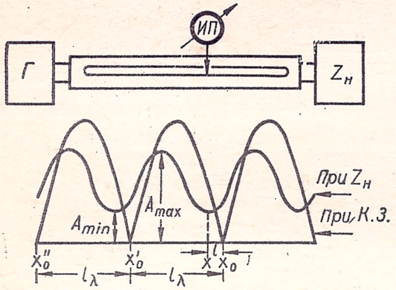


Рис. 93. Волны в измерительной линии при коротком замыкании и подключенной нагрузке.

полное сопротивление нагрузки $Z_н$ и другие.

1. Длину волны в линии определяют после измерения расстояния между соседними узлами короткозамкнутой линии по формуле $\Lambda = 2l_\lambda$.

2. Коэффициент стоячей волны напряжения вычисляют по формуле

$$K = \sqrt{\frac{A_{\max}}{A_{\min}}} \quad (\text{для } K \leqslant 7)$$

после установления показаний прибора $A_{\min}$ в узле и $A_{\max}$ в пучности напряжений при включенной нагрузке. Здесь необходимо иметь в виду, что формула справедлива для квадратичной характеристики детектора измерительной головки. В случае линейно-ломаной характеристики детектора

$$K = \frac{A_{\max}}{A_{\min}}.$$

Для измерения $K > 7$ с наименьшей погрешностью необходимо:

измерить $A_{\min}$ (регулируя выходной мощностью генератора, добиться $A_{\min}$ около половины всей шкалы прибора);

смещая измерительную головку в сторону, получить отклонение A_1 на всю шкалу прибора; зарегистрировать смещение головки l_1.

Тогда

$$K = \frac{\sqrt{\frac{A_1}{A_{\min}} - \cos^2 ml_1}}{\sin ml_1}.$$

Смещение узла после включения измеряемой произвольной нагрузки $Z_н$ определяется выражением

$$ml = \frac{2\pi l}{\Lambda}.$$

Необходимо иметь в виду, если смещение узла произошло вправо (к нагрузке) от x_0, то $l = x_0 - x$ принимается за положительную величину; если же влево (к генератору) — то $x - x_0 = l$ считается отрицательной величиной.

При небольших перемещениях l_1 и $\frac{A_1}{A_{\min}} = 2$

49. Основные характеристики приборов для измерения параметров элементов и трактов с распределенными постоянными

Тип прибора	Диапазон частот, ГГц	Погрешность измерения КСВ	Входное сопротивление или сечение
Линии измерительные			
Р1-1	0,100—0,15	3—10%	52±3 Ом
Р1-2	1—3,75	7%	50 Ом
Р1-3	2,5—10,35	10%	50 Ом
Р1-4	7,15—16,67	5%	28,5×12,6 мм; 23×10 мм; 19×9,5 мм; 17×8 мм
Р1-5А	0,15—1	6%	75 и 50 Ом
Р1-6А	0,5—3	6%	75 и 50 Ом
Р1-7	2,6—8,24	4%	72×34 мм; 72×10 мм; 58×25 мм; 48×24 мм; 35×15 мм
Р1-11	2,05—3,2	4%	90×45 мм
Р1-12	25—37,5	5%	7,2×3,4 мм
Р1-13	16,67—25	5%	11×5,5 мм
Измерители коэффициента стоячей волны, коэффициента фазы			
Р2-1	0,03	7—9%	75 Ом
Р2-2	1—3,5	5—7% (КСВ); 6° (фаза)	50 Ом
Р2-3	2,6—4	5—8% (КСВ); 9,5—14° (фаза)	72×34 мм
Р2-4	4—5,55	5—8% (КСВ); 9,5—14° (фаза)	48×24 мм
Р2-5	5,55—8,3	5—8 (КСВ); 9,5—14° (фаза)	35×15 мм
Р2-6	7,15—10	5—8% (КСВ); 9,5—14° (фаза)	28,5×12,6 мм
Р2-7	8,3—10,3	5—8% (КСВ); 9,5—14° (фаза)	23×10 мм
Р2-8	0,5—1,5	до 7%	75,50 Ом
Р2-9	0,5—1,5		75 Ом
Р2-10	0,5—1,5		50 Ом
Р2-17	0,3—0,5		75,50 Ом
Р2-18	2,6—4		72×34 мм
Р2-19	3,15—4,7		58×25 мм
Р2-20	4—5,55		48×24 мм
Р2-21	5,55—8,3		35×15 мм
Р2-22	7,15—10,2		28,5×12,6 мм
Р2-23	8,3—10,2		23×10 мм

Продолжение табл. 49

Тип прибора	Диапазон частот, ГГц	Погрешность измерения КСВ	Входное сопротивление или сечение
Измерители полных сопротивлений и проводимостей			
Р3-1	0,03—0,8	3° (фаза); 7—10% (КСВ)	75 Ом
Р3-2	8,3—2	3° (фаза); 7—10% (КСВ)	75 Ом
Р3-6	8,3—10,1	3—7% (КСВ); 10° (фаза)	23×10 мм
Р3-7	2,5—4	3—7% (КСВ); 10° (фаза)	72×34 мм

$$K = \frac{\Lambda}{2\pi l_1}.$$

Для измерения $K > 50$, когда напряжение в узле точно измерить невозможно, необходимо:

определить отклонение A_1 на расстоянии l_1 от узла напряжения (A_1 меньше четверти всей шкалы прибора);

определить отклонение A_2 на расстоянии l_2 от узла напряжения (A_2 меньше половины всей шкалы прибора).

$$K = \sqrt{\frac{\frac{A_2}{A_1}\cos^2 ml_1 - \cos^2 ml_2}{\sin^2 ml_2 - \frac{A_2}{A_1}\sin^2 ml_1}},$$

где $l_2 > l_1$ и $A_2 > A_1$.

3. Полное сопротивление нагрузки определяют по круговой диаграмме или по формуле

$$Z_н = \rho\,\frac{K - j\,\frac{\sin 2ml}{2}\,(K^2 - 1)}{\sin^2 ml + K^2\cos^2 ml}$$

в соответствии с полученными исходными или расчетными данными (пп. 1, 2).

Основные характеристики приборов для измерения параметров и трактов с распределенными постоянными приведены в табл. 49.

ЛИНИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

Измерительная линия Р1-1

Измерительная специальная линия Р1-1 может быть использована для измерения коэффициента стоячей волны (K), полных сопротивлений и проходящей мощности в радиоустройствах метрового диапазона волн.

Основные технические характеристики

1. Диапазон рабочих частот (длин волн) 100—150 МГц (3—2 м).
2. Волновое сопротивление линии 52 ± 3 Ом.
3. Пределы измерения K от 1,05 до 20.

4. Погрешность измерения K:
10% для $K < 3$ и 3% для $K > 3$.

5. Диапазон измеряемой проходящей мощности 3—50 Вт (на фиксированных частотах 100—150 МГц через 10 МГц).

6. Погрешность измерения мощности менее 35%.

7. Пределы измерения напряжения 0—5—15—150 В.

8. Погрешность измерения напряжения 10%.

9. Погрешность измерения активного сопротивления нагрузки на рабочих частотах менее 15%.

10. Питание прибора от сети постоянного тока напряжением 23,5 — 29 В.

11. Вес прибора 9 кг, габаритные размеры 450 × 330 × 145 мм.

Схема прибора

Схема измерительной линии (рис. 94) представляет собой отрезок коаксиальной линии (кабель РК-6 длиной 2 м) с 80 гнездами для подключения щупа-пробника. Величина напряжения в точке подключения щупа измеряется ламповым вольтметром. Щуп представляет собой отрезок кабеля РК-20 с фишкой для подключения к прибору и наконечником для подключения к гнездам линии. В головке щупа находится разделительный конденсатор C_1. На лицевой панели концы коаксиальной линии выведены в виде стандартных разъемов с обозначениями «нагрузка» и «генератор». Гнезда-отводы линии на передней панели (рис. 95) обозначены цифрами от 1 до 80. Разъем для подключения щупа обозначен «щуп». Ламповый вольтметр работает на лампах $Л_1$(6Д4Ж), $Л_2$(6Н8С) и $Л_{3а}$ (6Х6С).

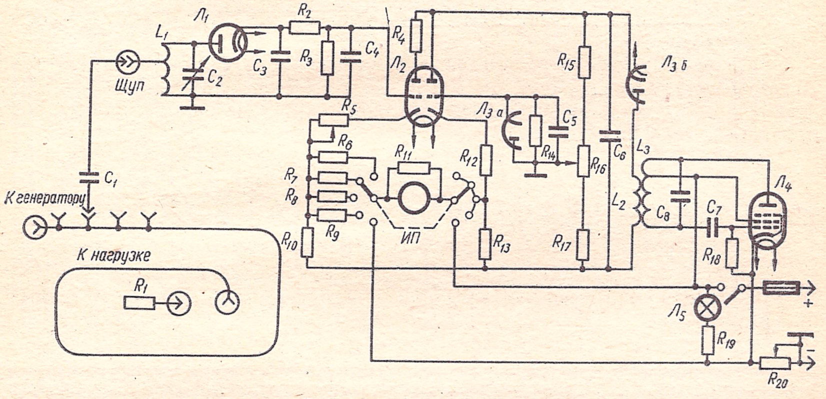


Рис. 94. Принципиальная схема прибора Р1-1.

Сигнал с линии через щуп подводится к контуру L_1C_2. Контур настраивается в резонанс изменением емкости C_2 ручкой, выведенной на переднюю панель с обозначением «настройка». Напряжение с контура подается на диодный детектор $Л_1$. Продетектированный сигнал с нагрузки R_3 подается на сетку левого триода лампы $Л_2$, являющейся с сопротивлением R_5 одним из плеч мостовой схемы. Остальные плечи моста образованы сопротивлениями R_{13}, R_{10} и правым триодом лампы $Л_2$ с сопротивлением R_{12}. Мост питается от выпрямителя на лампе $Л_{3б}$. В измерительную диагональ моста включен индикатор *ИП*, шкала которого отградуирована в вольтах и единицах КБВ.

Балансируется мост изменением сопротивления плеча моста R_5. Ручка этой регулировки на передней панели обозначена «уст. нуля». Для компенсации начального тока лампы детектора имеется схема компенсации, работающая на лампе $Л_{3а}$. Напряжение после детектора разбалансировывает мост, что и отмечается индикатором.

Выпрямитель, питающий мост, выпрямляет сигнал от генератора, работающего на лампе $Л_4$ (13П1С). Генератор собран по схеме самовозбуждения с автотрансформаторной связью. Для питания цепи анода используется напряжение 27 В. От этого же напряжения питается и накал всех ламп.

Для установки нормального режима работы прибора индикатор лампового вольтметра переключается на измерение напряжения ручкой переключателя пределов вольтметра. Величина напряжения питания прибора регулируется переменным сопротивлением R_{20}, ручка которого на передней панели обозначена «уст. накала».

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 95). В комплект прибора входит собственно прибор, два соединительных кабеля РК-6, щуп, три переходника, эквивалент антенны, кабель питания и круговая диаграмма. Все элементы хранятся в крышках прибора.

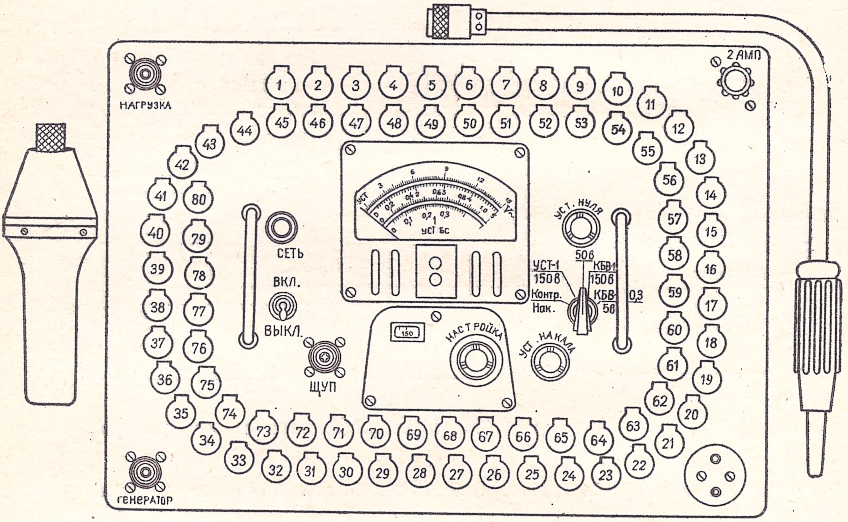

НАГРУЗКА
ГЕНЕРАТОР
2 АМП
СЕТЬ
ВКЛ.
ВЫКЛ.
ЩУП
УСТ БС
УСТ. НУЛЯ
УСТ-1 150в
50в
КБВ-1 150в
Контр. Нак.
КБВ-0,3 5в
НАСТРОЙКА
150
УСТ. НАКАЛА
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80

Рис. 95. Вид передней панели прибора Р1-1.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети установить в положение «выкл.».
2. Переключатель пределов установить в положение $\frac{\text{«Контр.»}}{\text{Нак.}}$.
3. Кабель питания подключить к прибору и к источнику питания 27 В.
4. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 2—3 мин.
5. Ручкой «уст. накала» установить стрелку индикатора против риски «уст. БС».
6. Перевести переключатель пределов в положение $\frac{\text{«КБВ-0,3»}}{\text{5в}}$.

7. Ручкой «уст. нуля» установить стрелку индикатора на нуль.

8. Подключить соединительные кабели и щуп к прибору.

9. Свободные разъемы соединительных кабелей включить в исследуемый тракт в соответствии с обозначением разъемов «нагрузка» и «генератор».

Работа с прибором

Для измерения коэффициента бегущей волны (КБВ) необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель пределов установить в положение $\frac{\text{«уст-1»}}{\text{150в}}$.

3. Вставить щуп в одно из гнезд линии.

4. Включить передатчик исследуемого тракта.

5. Ручкой «настройка» добиться максимальных показаний индикатора.

6. Переставлять щуп по гнездам до получения максимальных показаний индикатора.

7. Вращая ручку «настройка» по часовой стрелке, установить стрелку индикатора против риски «уст» (верхняя шкала).

8. Перевести переключатель пределов в положение $\frac{\text{«КБВ-1»}}{\text{150в}}$.

9. Ручкой «настройка» установить стрелку индикатора на 1,0 по шкале КБВ.

10. Переставлять щуп по гнездам до получения минимальных отклонений стрелки индикатора. Показания индикатора в этом случае соответствуют значению КБВ в исследуемом тракте (по верхней шкале КБВ). При КБВ, меньших 0,3, следует переключатель перевести в положение $\frac{\text{«КБВ-0,3»}}{\text{5в}}$ и значение КБВ отсчитать по нижней шкале КБВ. Коэффициент стоячей волны напряжения определится как $K = \frac{1}{\text{КБВ}}$.

Для измерения проходящей мощности необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Выполнить пп. 1—6 измерения КБВ.

3. Отсчитать показания индикатора $U_{\max}$ по шкале V ~ (вся шкала 150 В).

4. Переставлять щуп по гнездам до получения минимальных показаний индикатора. При необходимости переключателем пределов добиться удобных для отсчета показаний индикатора. Пределы измерения в этом случае определяются положением переключателя пределов.

5. Отсчитать показания индикатора $U_{\min}$ по шкале V ~ в соответствии с положением переключателя пределов.

6. Величину проходящей мощности определить по формуле

$$P = 0{,}019 k U_{\max} U_{\min},$$

где k — поправочный коэффициент в зависимости от частоты работы исследуемого тракта, определяемый по табл. 50; $U_{\max}$, $U_{\min}$ — значения напряжений в линии, полученные при измерении.

50. Поправочный коэффициент *k* в зависимости от частоты

Частота, МГц	100	110	120	130	140	150
Поправочный коэффициент	1,33	1,2	1,0	0,87	0,8	0,6

Проверка исправности прибора

Для проверки исправности прибора необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Подключить к разъему «нагрузка» эквивалент антенны, входящий в комплект прибора.
3. Соединить разъем «генератор» кабелем с выходом генератора.
4. Измерить КБВ.

Для исправной линии значение измеренного КБВ должно быть в пределах 0,7—0,85.

Измерительная линия Р1-2

Измерительная коаксиальная линия типа Р1-2 представляет собой радиоизмерительный прибор, используемый в системах СВЧ для измерения параметров и трактов с распределенными постоянными.

Основные технические характеристики

1. Диапазон рабочих частот 1—3,75 ГГц.
2. Волновое сопротивление 50 Ом (входное гнездо — 16 × 6,95 мм, выходной штырь — 10 × 4,34 мм).
3. Собственный КСВ линии $K = 1{,}05$.
4. Погрешность определения КСВ менее 7% для $K \leqslant 2$.
5. Рабочая длина линии 300 мм.
6. Погрешность установки головки 0,05 мм.
7. Индикация:
   незатухающих входных сигналов по прибору типа М-95;
   импульсных входных сигналов по прибору У2-1А.
8. Вес прибора 12 кг, габаритные размеры 495 × 252 × 191 мм.

Схема прибора

Прибор состоит (рис. 96) из отрезка псевдокоаксиальной линии, центральным проводником которой является жесткий посеребренный стержень, а внешним проводником служат две параллельные пластины. Между пластинами сверху вводится штырь-зонд измерительной головки. Измерительная головка линии представляет собой цилиндрический объемно-коаксиальный резонатор, связанный с зондом электрической связью. Глубину погружения зонда можно регулировать специальным винтом с помощью отвертки, вставляемой через отверстие в крышке головки резонатора. Настраивают головку изменением объема полого резонатора подвижным плунжером, приводимым в движение микрометрическим винтом. С резонатором магнитной связью связан детектор типа ДКВ-2 (ДКВ-1), помещенный в держатель.

Измерительная головка установлена на каретке, перемещаемой вдоль линии по направляющим, образованным верхними краями параллельных пластин линии. Плавное перемещение каретки осуществляется с помощью ходового винта, быстрое перемещение — без ходового винта. Положение каретки на линии отсчитывается по линейке и нониусу с ценой деления 0,05 мм.

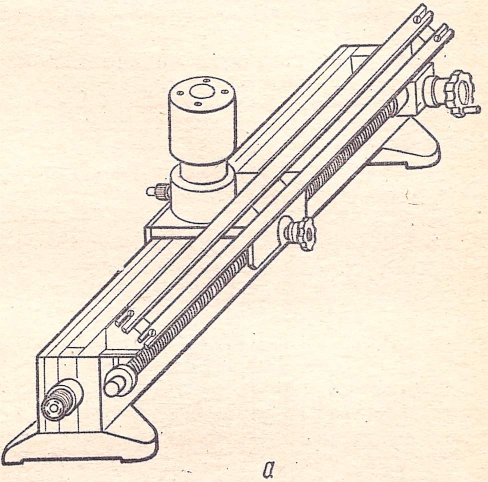
В качестве индикаторного прибора измерительной линии используется микроамперметр М-95 класса 1,0 с сопротивлением рамки 11 Ом. При питании линии импульсно-модулированными колебаниями в качестве индикатора используется селективный усилитель типа У2-1А (У2-1). Микроамперметр и усилитель целесообразно включать к выходу измерительной головки через фильтр (имеется в комплекте), соединяемый экранированным кабелем. Фильтр ограничивает проникновение ВЧ колебаний к детектору извне через подводящие провода индикаторного прибора.

Для удобства соединений и измерений к прибору типа Р1-2 придаются: переходы ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4 для сочленения кабелей РК-6 и РК-29; короткозамыкающие устройства и реактивные нагрузки Э9-6, Э9-9 и активная нагрузка Э9-8 с $K < 1{,}15$ и допустимой мощностью рассеивания до 1 Вт.

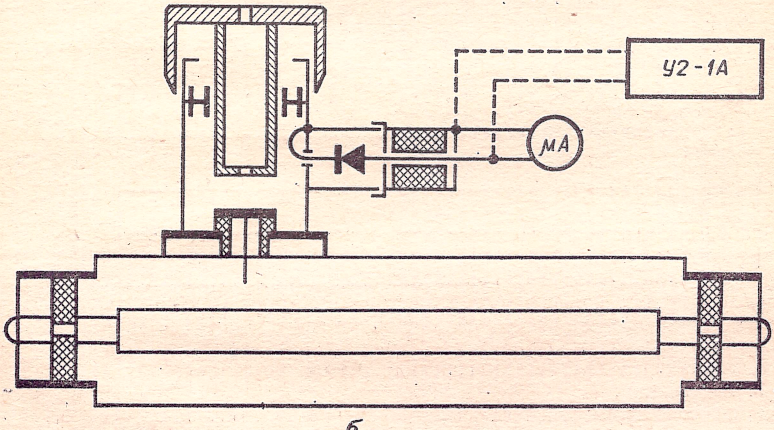
Подготовка прибора к работе

При подготовке и во время работы необходимо:

1. Соединить с выходными клеммами высокочастотной головки прилагаемый к линии фильтр и к нему прибор М-95 (для импульсных колебаний У2-1А). Включить подсвет шкалы индикаторного прибора.



а



б

Рис. 96. Прибор Р1-2:

а — внешний вид; *б* — упрощенная схема.

2. На вход линии подключить через аттенюатор генератор СВЧ, а на выход — объект измерения или согласованную нагрузку Э9-8.

3. Установить зонд в положение максимального погружения.

4. Настроить высокочастотную головку измерительной линии по максимуму показаний прибора М-95, вращая настроечное кольцо головки (не допускать отклонения стрелки за пределы шкалы, уменьшая погружение зонда с помощью специальной отвертки).

Необходимые параметры элементов и трактов с распределенными постоянными измерять в соответствии с положениями, приведенными на стр. 205—208.

Измерительная линия Р1-3

Измерительная коаксиальная линия типа Р1-3 представляет собой радиоизмерительный прибор, используемый для измерений на СВЧ параметров элементов и трактов с распределенными постоянными.

Основные технические характеристики

1. Диапазон рабочих частот 2,5—10,33 ГГц.
2. Волновое сопротивление линии 50 Ом (входной и выходной штыри 10 × × 4,3 мм).
3. Собственный КСВ линии $K=1{,}06$; в отдельных точках частотного диапазона $K=1{,}08$.
4. Погрешность определения КСВ 10% для $K \leqslant 2$.
5. Рабочая длина линии 140 мм.

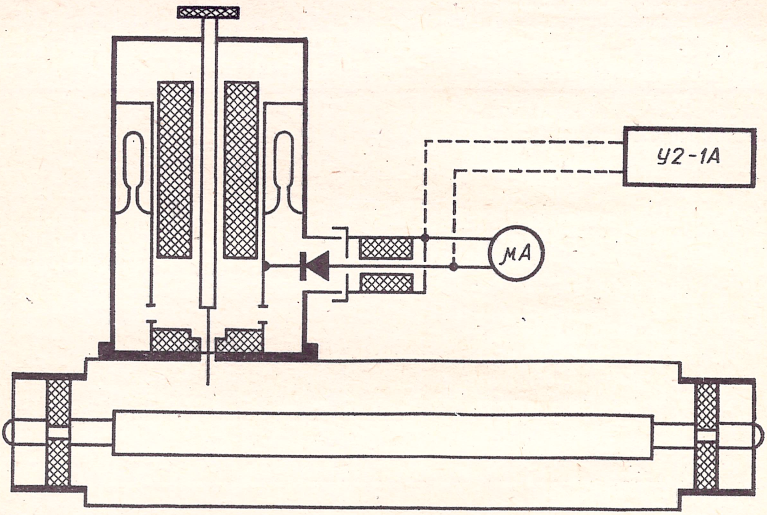


Рис. 97. Упрощенная схема прибора Р1-3.

6. Погрешность установки головки 0,05 мм.
7. Индикация:
   незатухающих входных сигналов по прибору типа М-95;
   импульсных входных сигналов по прибору У2-1А.
8. Вес прибора 4,5 кг, габаритные размеры 280 × 270 × 140 мм.

Схема прибора

Прибор состоит из отрезка псевдокоаксиальной линии, центральным проводником которой является жесткий посеребренный стержень диаметром 6 мм, а внешним проводником — две параллельные металлические пластины длиною 200 мм и шириною 60 мм. Расстояние между пластинами 11 мм. Между пластинами сверху вводится штырь-зонд измерительной головки. Упрощенная схема прибора показана на рис. 97.

Измерительная головка линии представляет собой двойной коаксиальный резонатор, образованный тремя трубками, вставленными концентрически одна в другую. Внутренняя трубка, соединенная с зондом и продолжающая его, является центральным проводом внутреннего коаксиального резонатора. Концентрическая оболочка этого резонатора является центральным проводом внешнего коаксиального контура, наружным проводником которого является цилиндрический корпус головки. Внутренний коаксиальный резонатор настраивается диэлектрическим плунжером; внешний резонатор—контактным металлическим поршнем. Внутренний и внешний резонаторы электрически соединены последовательно.

С внешним контуром электромагнитной связью связан детектор типа ДКВ-1 (ДКВ-2), от которого через фильтр выпрямленный ток поступает на индикаторный прибор — микроамперметр М-95 класса точности 1,0 с сопротивлением рамки 11 Ом или селективный усилитель У2-1А при работе с импульсно-модулированными или амплитудно-модулированными колебаниями.

Измерительная головка установлена на каретке, перемещающейся вдоль линии по направляющим, образованным верхними краями пластин линии, при помощи шестерни и рейки. Каретка прижимается к направляющим роликам, закрепленным на плоских пружинах. Положение зонда на линии определяется по линейке с миллиметровыми делениями и нониусу с ценой деления 0,05 мм. При небольших перемещениях (до 10 мм) в любой точке линии перемещение можно определять с помощью индикатора часового типа (придается к линии) с погрешностью не более 0,01 мм.

Для удобства соединений и измерений к прибору типа Р1-3 придаются:

переходы ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-6 для сочленения кабелей РК-6 и РК-29;

соединители С-29В для кабелей РК-29;

волноводно-коаксиальные переходы;

короткозамыкающие устройства, реактивная нагрузка Э9-6 и активная поглощающая нагрузка, имеющая на волнах 2,9—12 см КСВ не более 1,18 и допускающая рассеивание средней мощности до 1 Вт.

Подготовка прибора к работе

При подготовке и во время работы необходимо:

1. Соединить с выходными клеммами высокочастотной головки прилагаемый к линии фильтр и к нему прибор М-95 (а для импульсных колебаний прибор типа У2-1А). Включить подсвет шкалы индикаторного прибора.
2. На вход линии подключить через аттенюатор генератор СВЧ, а на выход—объект измерения или согласованную активную нагрузку.
3. Установить зонд в положение максимального погружения.
4. Настроить высокочастотную головку измерительной линии по максимуму показаний прибора М-95 (не допускать отклонения стрелки за пределы шкалы, уменьшая погружение зонда).

Необходимые параметры элементов и трактов с распределенными постоянными измерять в соответствии с положениями, приведенными на стр. 205—208.

Измерительная линия Р1-4

Измерительная волноводная линия типа Р1-4 со сменными волноводами представляет собой радиоизмерительный прибор, используемый для измерений на СВЧ параметров элементов и трактов с распределенными постоянными.

Основные технические характеристики

1. Диапазон рабочих частот 7,15—16,67 ГГц:
   7,15—10 ГГц волновод ссечением 28,5 × 12,6 мм
   8,35 — 12 ГГц » » 23 × 10 мм

10 — 15 ГГц » » 19 × 9,5 мм
12 — 16,67 ГГц » » 17 × 8 мм

2. Собственный КСВ линии $K = 1{,}03$.
3. Погрешность определения КСВ 5% для $K \leqslant 2$.
4. Погрешность установки головки:
   по нониусу не более 0,05 мм;
   по индикатору часового типа не более 0,01 мм.
5. Чувствительность линии (максимальная мощность в линии, обеспечивающая отклонение указателя индикаторного прибора на всю шкалу) 1 мВт.
6. Индикация:
   незатухающих входных сигналов по прибору М-95;
   импульсных входных сигналов по прибору У2-1А.
7. Вес прибора 5,3 кг, габаритные размеры 306 × 250 × 180 мм.

Схема прибора

Прибор состоит из основания с передвижным механизмом, на котором устанавливается и крепится один из четырех волноводов. На направляющей системе, имеющейся у каждого волновода, устанавливается измерительная головка. Упрощенная схема прибора показана на рис. 98.

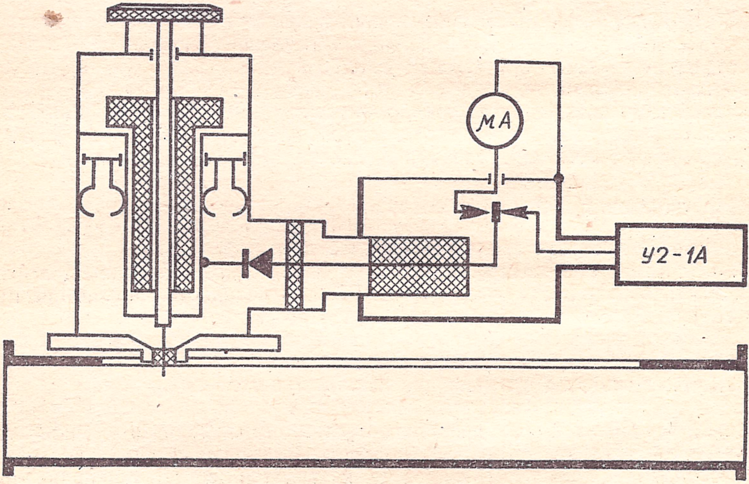


Рис. 98. Упрощенная схема прибора Р1-4.

Четыре сменных волновода разных стандартных сечений имеют одинаковую длину 260 мм, и в каждом волноводе вдоль широкой сгенки прорезана щель шириной 1,5 мм и длиной 110 мм, в которую помещают зонд измерительной головки. Волноводы имеют на концах стандартные фланцы.

Измерительная головка линии представляет собой двойной коаксиальный резонатор, образованный тремя трубками, вставленными концентрически одна в другую. Внутренняя трубка, соединенная с зондом и продолжающая его, является центральным проводом внутреннего коаксиального резонатора. Концентрическая оболочка этого резонатора является центральным проводом внешнего коаксиального контура, наружным проводником которого является цилиндрический корпус головки. Внутренний коаксиальный резонатор настраивается диэлектрическим плунжером; внешний резонатор — контактным металлическим поршнем.

С внешним контуром электромагнитной связью связан детектор ДК-В3, от которого через фильтр выпрямленный ток подается на индикаторный прибор М-95. Фильтр представляет собой отрезок коаксиальной линии, заполненной ферритовым наполнителем, и служит для предотвращения воздействия внешних электромагнитных полей на детектор со стороны индикатора.

Измерительная головка размещена на каретке, которую перемещают вдоль линии по направляющим стержням с помощью фрикционного механизма с верньером, имеющим семикратное замедление.

Положение зонда на линии определяется по линейке и нониусу, расположенному на каретке, с погрешностью 0,05 мм. При использовании индикатора часового типа перемещение каретки на любом участке линии до 10 мм может быть определено с погрешностью не более 0,01 мм.

Для удобства соединений и измерений к измерительной линии придаются:
образцовые реактивные сопротивления различных сечений;
оконечные поглощающие нагрузки;
короткозамыкающие пластины-заглушки.

Подготовка прибора к работе

При подготовке и во время работы необходимо:

1. Установить на основание волновод необходимого сечения.
2. Соединить детекторный выход головки через фильтр, прилагаемый к линии, к микроамперметру М-95 (а для импульсных колебаний к прибору типа У2-1А). Включить подсвет шкалы индикаторного прибора.
3. На вход линии через аттенюатор подключить генератор СВЧ, а на выход — объект измерения или выбранное из комплекта приспособление.
4. Установить зонд в положение максимального погружения.
5. Настроить оба контура высокочастотной головки измерительной линии по максимальному отклонению указателя прибора М-95 (не допускать отклонения указателя за пределы шкалы, уменьшая погружение зонда).

Необходимые параметры элементов и трактов с распределенными постоянными в волноводах измерять в соответствии с положениями, приведенными на стр. 205—208.

Измерительные линии Р1-5А и Р1-6А

Измерительная двойная коаксиальная линия типа Р1-5А или Р1-6А представляет собой радиоизмерительный прибор, используемый для измерений на СВЧ параметров элементов и трактов с распределенными постоянными. Различаются линии только размерами и соответствующим рабочим диапазоном частот. Рабочая длина линии Р1-6А в три раза меньше, чем у Р1-5А, и резонансный контур измерительной головки обеспечивает соответствующую настройку на частоты своего рабочего диапазона.

Основные технические характеристики

1. Диапазоны рабочих частот:
   0,15—1 ГГц (Р1-5А) и 0,5 — 3 ГГц (Р1-6А).
2. Волновое сопротивление линии 50 и 75 Ом (входные и выходные штыри на 50 Ом 16 × 7 мм, а на 75 Ом — 16 × 4,6 мм).
3. Собственный КСВ линии $K = 1{,}04$.
4. Погрешность определения КСВ 6% для $K \leqslant 2$.
5. Рабочая длина линии 1500 (Р1-5А) и 465 мм (Р1-6А).
6. Погрешность установки головки 0,1—0,2 мм.

7. Чувствительность линии (максимальная мощность в линии, обеспечивающая отклонение указателя индикаторного прибора на половину шкалы) не более 20 мВт для секции 75 Ом и 40 мВт для секции 50 Ом.

8. Индикация:
незатухающих входных сигналов по прибору М-91;
импульсных входных сигналов по прибору У2-1А.

9. Вес приборов 75 (Р1-5А) и 21 кг (Р1-6А), габаритные размеры 1820 × ×400 × 370 мм (Р1-5А) и 740 × 330 × 240 мм (Р1-6А).

Схема прибора

Прибор состоит из двух псевдокоаксиальных линий в виде секций, расположенных параллельно и имеющих одну общую металлическую стенку. Упрощенная схема прибора показана на рис. 99.

Секции измерительной линии аналогичны по конструкции и каждая состоит из центрального проводника и двух пар параллельных пластин, расположенных друг от друга на расстоянии 24,7 мм (для секции 75 Ом) и 16,3 мм (для секции 50 Ом). Центральными проводниками служат трубки из сплава Л-96 с серебряным покрытием, изготовляемые с допусками, обеспечивающими нужную точность волнового сопротивления линии. Трубка укреплена во фланцах с помощью центрирующих полистироловых шайб и трех промежуточных опорных кронштейнов, предохраняющих трубку от провисания. Внешними проводниками служат поверхности двух швеллерообразных алюминиевых отрезков и поверхность плоской алюминиевой пластины посредине.

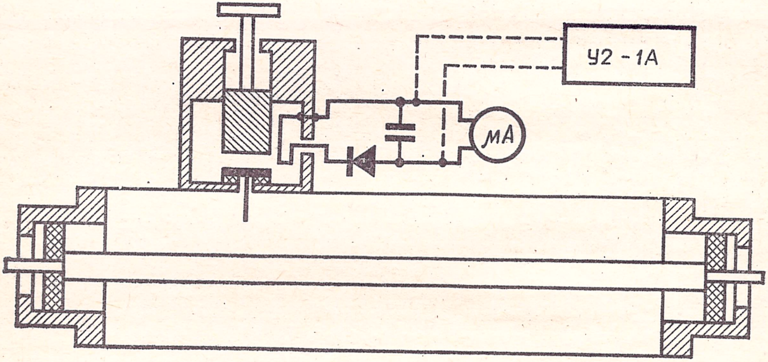


Рис. 99. Упрощенная схема приборов Р1-5А и Р1-6А.

На фланцах укреплены коаксиальные высокочастотные разъемы для кабеля РК-29 (секция 50 Ом), к которым могут быть подключены генератор и объект измерения (нагрузка).

Измерительная головка расположена на подвижной каретке и состоит из настраивающегося резонансного контура, связанного с линией штырем-зондом. Резонансный контур представляет собой полый цилиндр, настраиваемый плунжером, который перемещают вращением ручки настройки, связанной с кулачковым механизмом редуктора. На дне цилиндра располагается кольцевой вибратор, связанный с зондом. Конструкция вибратора обеспечивает достаточное постоянство чувствительности измерительной головки по частотному диапазону. Регулируется чувствительность изменением глубины погружения зонда в пределах 15 мм. На задней стороне головки имеется соединитель для подключения детектора к индикаторному прибору типа М-91.

Индикаторная головка располагается на специальной каретке и перемещается вдоль линии на роликах ручным фрикционным приводом. Величина перемещения около 30 мм за один оборот штурвала. Положение головки на линии отсчитывается по линейке и по нониусу на каретке.

Измерительная головка является общей для обеих секций и может быть установлена по необходимости на одной из секций. Свободная часть другой секции закрывается крышкой.

Для проверки измерительной линии, а также для измерения искажений, вносимых различными переходными устройствами с малым КСВ, в комплект линии Р1-5А входит контрольная линия. Контрольная линия представляет собой точно изготовленную коаксиальную линию, образованную трубой с внутренним диаметром 15 мм и двумя сменными центральными проводниками диаметром 4,6 мм (75 ± 0,5 Ом) и 6,96 мм (50 ± 0,6 Ом). Внутри такой линии с помощью винта и ходовой гайки перемещается короткозамыкающий плунжер. Погрешность отсчета перемещения плунжера не превышает 0,1 мм.

Подготовка прибора к работе

При подготовке и во время работы необходимо:

1. Соединить выход детектора измерительной головки с прибором М-91 (а для импульсных колебаний с прибором типа У2-1А). Включить подсвет шкалы индикаторного прибора.
2. На вход рабочей секции линии подключить через аттенюатор генератор СВЧ, а на выход — объект измерения или согласованную нагрузку.
3. Установить зонд в положение максимального погружения.
4. Настроить высокочастотную головку измерительной линии по максимальному показанию прибора М-91 (не допускать отклонения указателя за пределы шкалы, уменьшая погружение зонда).

Необходимые параметры элементов и трактов с распределенными постоянными измерять в соответствии с положениями, приведенными на стр. 205—208.

Измерительная линия Р1-7

Измерительная волноводная линия типа Р1-7 со сменными волноводами представляет собой радиоизмерительный прибор, используемый для измерений на СВЧ параметров элементов и трактов с распределенными постоянными.

Основные технические характеристики

1. Диапазон рабочих частот 2,6—8,24 ГГц:
   2,6 — 3,94 ГГц волновод сечением 72 × 34 мм
   2,6 — 4,0 ГГц » » 72 × 10 мм
   3,2 — 4,8 ГГц » » 58 × 25 мм
   3,94 — 5,64 ГГц » » 48 × 24 мм
   5,64 — 8,24 ГГц » » 35 × 15 мм
2. Собственный КСВ линии $K = 1{,}02$
   (для волновода 72 × 10 мм $K = 1{,}03$).
3. Погрешность определения КСВ 4% для $K \leqslant 2$
   (для волновода 72 × 10 мм погрешность 5,5%).
4. Погрешность установки головки:
   по индикатору часового типа не более 0,01 мм;
   на расстояниях до 100 мм не более 0,04 мм.
5. Индикация:
   незатухающих входных сигналов по прибору М-95;
   импульсных входных сигналов по прибору У2-1А.
6. Вес прибора 31 кг, габаритные размеры 340 × 350 × 200 мм.

Схема прибора

Прибор состоит из основания с передвижным механизмом, на котором устанавливается и крепится один из пяти волноводов. На направляющей системе, имеющейся у каждого из волноводов, устанавливается измерительная головка. Упрощенная схема прибора показана на рис. 100.

Пять сменных волноводов разных стандартных сечений имеют одинаковую длину около 340 мм, и в каждом волноводе вдоль широкой стенки прорезана щель шириной 2 мм, в которую помещают зонд измерительной головки. Волноводы линии с обоих концов оканчиваются стандартными фланцами для подключения к генератору и объекту измерения.

Измерительная головка линии представляет собой двойной коаксиальный резонатор, образованный тремя трубками, вставленными концентрически одна в другую. Внутренняя трубка, соединенная с зондом и продолжающая его, является центральным проводником внутреннего коаксиального резонатора. Концентрическая оболочка этого резонатора одновременно является центральным стержнем внешнего контура, наружным проводником которого служит цилиндрический корпус головки. Настраивают внутренний и внешний резонаторы короткозамыкающими плунжерами, перемещаемыми с помощью шестерни и гайки на головке.

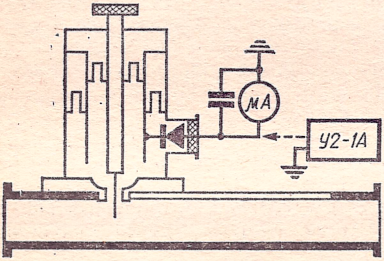


Рис. 100. Упрощенная схема прибора Р1-7.

Глубину погружения зонда от 0 до 4 мм можно плавно изменять поворотом центрального винта.

С внешним контуром измерительной головки электромагнитной связью связан детектор ДК-В4. Выпрямленный детектором ток подается на индикаторный прибор М-95.

Измерительная головка установлена на каретке, которую перемещают вдоль линии по направляющим с помощью фрикционного механизма. Положение зонда определяется по линейке с погрешностью 1 мм, а с помощью индиктора часового механизма — с погрешностью 0,01 мм на любом участке линии.

В состав измерительной линии входят основной комплект универсальных узлов и элементов и комплект волноводных элементов соответствующего сечения.

Подготовка прибора к работе

При подготовке и во время работы необходимо:

1. Установить на основание устройства волновод необходимого сечения.
2. Соединить детекторный выход головки с микроамперметром М-95 (а для импульсных колебаний с прибором типа У2-1А). Включить подсвет шкалы индикаторного прибора.
3. На вход линии через аттенюатор 10—20 дБ подключить генератор СВЧ, а на выход ее — объект измерения или приспособление, выбранное из комплекта.
4. Установить зонд в положение максимального погружения.
5. Настроить оба контура высокочастотной головки измерительной линии по максимальнсму отклонению указателя прибора М-95 (не допускать отклонения указателя за пределы шкалы, уменьшая погружение зонда).

Необходимые параметры элементов и трактов с распределенными постоянными в волноводах измерять в соответствии с положениями, приведенными на стр. 205—208.

ГЛАВА VI

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ (подгруппа Ч)

Измерение частоты и времени является наиболее точным измерением среди измерений других физических величин. Погрешность измерения частоты в большинстве случаев зависит от требований, предъявляемых к радиоэлектронной аппаратуре. Чаще всего достаточно измерять частоту с допусками погрешности 10^{-1} — 10^{-5}%, однако в некоторых случаях эта погрешность не допускается более чем 10^{-9}%. Сравнивать две частоты местных источников можно с погрешностью 10^{-11}%.

Различные требования к точности измерения частоты определили и различные методы проведения этих измерений.

Для поверки большинства частотомеров, имеющих внутренние опорные генераторы, используют дифференциальный метод измерений, как наиболее точный и легко реализуемый. Сущность дифференциального метода состоит в том, что значение частоты исследуемого сигнала f_x (измеряемая частота) определяется по результатам измерения разности (F) измеряемой частоты и частоты калибратора ($f_{эт}$):

$$F = f_x - f_{эт}, \text{ откуда } f_x = f_{эт} + F.$$

Погрешность измерения неизвестной частоты определяется по формуле

$$\alpha_x = \sqrt{\alpha_{эт}^2 + \left(\alpha_F \frac{F}{f_{эт}}\right)^2},$$

где $\alpha_{эт}$ — относительная нестабильность или погрешность установки частоты калибратора (меры); α_F — относительная приборная погрешность измерителя разностной частоты.

Примером может служить поверка опорного кварцевого генератора электронно-счетного частотомера Ч3-3А на 100 кГц по частотному калибратору Ч1-5, имеющему частоту $f_{эт} = 100$ кГц с нестабильностью $5 \cdot 10^{-7}$ в течение 15 суток без подстройки частоты.

Если напряжение с частотой 100 кГц с гнезда «выход кварц. частот» прибора Ч3-3А подать на вход«Y» осциллографа прибора Ч1-5 (переключатель «кварцованные частоты» ставится в положение 100 кГц), а напряжение 100 кГц от калибратора Ч1-5 подать на вход «X» осциллографа и переключатель рода работы осциллографа поставить в положение Y/X, то на экране ЭЛТ будет виден эллипс (фигура Лиссажу). Если эллипс подвижен и меняет свою конфигурацию от прямой линии одного наклона до прямой линии другого (симметричного) наклона, то частота повторения одной и той же фигуры соответствует разностной частоте F двух сигналов f_x и $f_{эт}$.

Значение этой частоты определяется по формуле

$$F = f_x - f_{эт} = \frac{N}{t},$$

где N — число фигур одинакового вида за время t, отсчитанное по секундомеру прибора Ч1-5.

Относительная погрешность воспроизведения частоты опорного кварцевого генератора Ч3-3А определится как

$$\alpha_{\text{в}} = \pm\left(\alpha_{\text{эт}} + \frac{F}{f_{\text{эт}}}\right).$$

Широко применяется нулевой метод измерений, когда неизвестная величина f_x уравновешивается известной величиной так, чтобы их разность сводилась к нулю. Этим методом пользуются, в частности, при измерении частоты с помощью гетеродинного частотомера, принцип работы которого отражен в структурной схеме (рис. 101). Схема состоит из множительного элемента *МЭ*, собственного гетеродина, частоту которого можно установить заданной величины $f_{\text{г}}$, фильтра нижних частот *Ф*, не пропускающего частоты выше 1—2 кГц, и индикатора напряжения *И*.

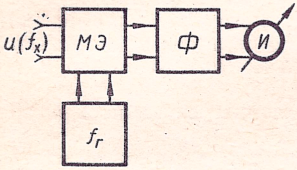


Рис. 101. Структурная схема гетеродинного частотомера.

Если на множительный элемент подать напряжения двух частот f_x и $f_{\text{г}}$, то на его выходе появится серия комбинационных частот $nf_x \pm mf_{\text{г}}$. Здесь m и n целые числа 0, 1, 2, 3... . Фильтр же пропустит напряжение частоты не более F (в данном случае 1—2 кГц). Если $F \ll f_x$, то F может быть только разностью nf_x и $mf_{\text{г}}$, которую можно свести к нулю, выбрав соответствующую частоту гетеродина $f_{\text{г}}$. В этом случае $f_x = \frac{m}{n} f_{\text{г}}$. Частота гетеродина $f_{\text{г}}$ регистрируется отметкой на лимбе прибора, а отношение целых чисел $\frac{m}{n}$ нам неизвестно. Для исключения этой неопределенности пользуются резонансным частотомером, которым можно измерять частоту f_x', входящую в формулу $\left(\frac{m}{n}\right)' = \frac{f_x'}{f_{\text{г}}}$. Из этой формулы отношение $\frac{m}{n}$ определяется ориентировочно, а уточняется по числовой таблице, составленной из отношений целых чисел.

Основные характеристики приборов для измерения частоты и времени приведены в табл. 51.

ЧАСТОТОМЕРЫ РЕЗОНАНСНЫЕ

Частотомер резонансный Ч2-1

Предназначен для измерения частоты генераторов, работающих в режимах незатухающих, амплитудно- и импульсно-модулированных колебаний. Прибор рассчитан для измерений в условиях лабораторий, цехов и ремонтных мастерских.

Основные технические характеристики

1. Диапазон измеряемых частот (волн) 50 кГц — 50 МГц (6000—6м) перекрывается шестью сменными катушками.
2. Погрешность измерения:
не более ±0,25% при использовании таблиц;
не более ±0,5% при использовании шкалы.
3. Чувствительность прибора не ниже 0,8 мВт.
4. Вес прибора 16 кг, габаритные размеры 300 × 350 × 520 мм.

51. Основные характеристики приборов для измерения частоты

Тип прибора	Диапазон частот, МГц	Погрешность измерения, %
Установки для поверки измерителей частоты и воспроизведения образцовых частот		
Ч1-1	10—50000	$5 \cdot 10^{-5}$
Ч1-4	Воспроизводимая частота 1	$5 \cdot 10^{-5}$
Ч1-5	$20 \cdot 10^{-6} - 60$	$5 \cdot 10^{-5}$
Ч1-9	Воспроизводимая частота $100 \cdot 10^{-6} - 30$	$2 \cdot 10^{-2}$
Ч1-10	Воспроизводимая частота 30—300	$2 \cdot 10^{-6}$
Ч1-12	1	$5 \cdot 10^{-10}$
Ч1-13	1,5	$10^{-7} - 10^{-9}$
Ч1-14	При умножении $2 \cdot 10^{-5}$—0,2; при делении $1 \cdot 10^{-6} - 2$	—
Ч1-16	1	$(0{,}5 \div 2) \cdot 10^{-7}$
Ч1 17	1	$(2 \div 5) \cdot 10^{-7}$
Ч1 18	1	$2 \cdot 10^{-6}$
Частотомеры резонансные		
Ч2-1	0,05—50	0,25
Ч2-1А	0,8—12	0,25
Ч2-2	40—180	0,5 (0,075 табличн.)
Ч2-3	150—240	0,055
Ч2-4	237—375	0,055
Ч2-6	360—675	0,05
Ч2-7	550—750	0,27 (0,2 табличн.)
Ч2-8	600—2000	0,5 (0,07 табличн.)
Ч2-9	1765—3750	0,05
Ч2-10	2500—7500	0,5
Ч2-11	4000—5660	0,05
Ч2-12	7300—11200	$5 \cdot 10^{-4}$
Ч2-25	52600—36100	0,1
Ч2-26	79000—52600	0,1
Ч2-28	23000	0,05
Ч2-29	$(5 \div 8{,}1) \cdot 10^{3}$	0,05
Ч2-30	$(8 \div 10) \cdot 10^{3}$	0,05
Ч2-31	$(12 \div 16{,}6) \cdot 10^{3}$	0,05
Ч2-32	$(8{,}82 \div 12) \cdot 10^{3}$	0,05
Ч2-33	$(7 \div 9) \cdot 10^{3}$	0,05
Ч2-34	$(3{,}3 \div 4{,}3) \cdot 10^{3}$	0,05
Ч2-35	$(4{,}1 \div 5{,}6) \cdot 10^{3}$	0,05
Ч2-36	$(5{,}5 \div 7{,}7) \cdot 10^{3}$	0,05
Ч2-37	7700—10700	0,05
Частотомеры электронно-счетные		
Ч3-1	$1 \cdot 10^{-5} - 0{,}2$	1,5—2
Ч3-2	$1 \cdot 10^{-5} - 100$	$1 \cdot 10^{-6}$
Ч3-3А	$1 \cdot 10^{-5} - 1$	$3 \cdot 10^{-4}$
Ч3-4А	$5 \cdot 10^{-6} - 10$	$2 \cdot 10^{-4}$

Продолжение табл. 51

Тип прибора	Диапазон частот, МГц	Погрешность измерения, %
ЧК3-4А	$5 \cdot 10^{-6}$ — 10 000	$5 \cdot 10^{-4}$
Ч3-5	$2 \cdot 10^{-5}$ — 0,1	$2 \cdot 10^{-3}$
Ч3-6	$2 \cdot 10^{-5}$ — 2,5	$4 \cdot 10^{-4}$
Ч3-7	$1 \cdot 10^{-5}$ — 0,5	1,5—2
Ч3-8А	$1 \cdot 10^{-5}$ — 10 000	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Ч3-9	$1 \cdot 10^{-5}$ — 10,5	$5 \cdot 10^{-5}$
Ч3-10	$1 \cdot 10^{-3}$ — 10	$\pm 1 \cdot 10^{-4}$
Частотомеры гетеродинные		
Ч4-1	0,125—20	$(2 \div 4) \cdot 10^{-2}$
Ч4-2	0,050—800	$2 \cdot 10^{-2}$
Ч4-3	100—1000	$5 \cdot 10^{-3}$
Ч4-5	2500—18000	$5 \cdot 10^{-3}$
Ч4-7 (переносчик)	100—200	$5 \cdot 10^{-4}$
Ч4-8	$(14 \div 40) \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^{-3}$
Ч4-9	20—1000	$5 \cdot 10^{-4}$
Ч4-11	$(1 \div 1,8) \cdot 10^3$	2
Ч4-12	$(1,8 \div 3) \cdot 10^3$	2
Ч4-13	$(3 \div 4,5) \cdot 10^3$	2
Ч4-14	$(4,5 \div 7,5) \cdot 10^3$	2
Ч4-15	$(7 \div 9) \cdot 10^3$	1
Ч4-16	$(9 \div 12) \cdot 10^3$	1
Ч4-17	$(12 \div 16,6) \cdot 10^3$	1
Ч4-18	$(16,6 \div 23) \cdot 10^3$	1
Ч4-19	0,1—300	—
Ч4-20	10—200	—
Калибраторы и опорные генераторы кварцевые		
Ч5-1	$125 \cdot 10^{-6}$ — $125 \cdot 10^{-3}$	$10 \cdot 10^{-2}$
Ч5-2	$1 \cdot 10^{-5}$ — 30	$1 \cdot 10^{-4}$; $1,5 \cdot 10^{-4}$
Ч5-3	$(5,\ 10,\ 50,\ 100) \cdot 10^{-5}$	10^{-2}

Схема прибора

Принципиальная схема резонансного частотомера (рис. 102) состоит из прецизионного конденсатора переменной емкости, шести сменных катушек и индикаторного устройства.

Колебательный контур частотомера образован конденсатором переменной емкости C_1 и одной из шести сменных катушек L_1 — L_6. Катушки, заключенные в пластмассовые корпусы, подключаются к блоку конденсатора переменной емкости с помощью коаксиального разъема. Конденсатор переменной емкости вместе с индикаторным устройством смонтированы на лицевой металлической панели, которая крепится к деревянному ящику. Ящик изнутри хорошо экранирован.

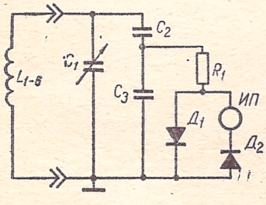


Рис. 102. Принципиальная схема прибора Ч2-1.

Индикаторным устройством, контролирующим настройку контура частотомера в резонанс, служит диодный вольтметр, подключенный к контуру через емкостный делитель напряжения (C_3, C_2).

Настройка прибора в резонанс на частоту генератора отмечается по максимальному отклонению стрелки стрелочного прибора *ИП*, расположенного на передней панели частотомера. Величина измеряемой частоты определяется по шкале переменного конденсатора с применением градуировочных таблиц, придаваемых прибору.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ч2-1 приведена в табл. 52.

52. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ч2-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_1	Конструктивный	
C_2	КТК	10 пФ
C_3	КТК	100 пФ
R_1	ВС-1	100 кОм
$Д_1$, $Д_2$	Д2В	—
ИП	Микроамперметр	150—250 мкА

Работа с прибором

Все элементы управления выведены на переднюю панель прибора (рис. 103).

Для измерения частоты необходимо:

1. Вынуть блок из укладочного ящика.
2. Выбрать сменную катушку, частотный диапазон которой перекрывает измеряемую частоту, и вставить ее в коаксиальное гнездо на панели прибора.
3. Связать индуктивно катушку прибора с объектом измерения.
4. Настроить конденсатором переменной емкости контур частотомера в резонанс по максимальному отклонению стрелки прибора.
5. Определить по шкале переменного конденсатора и градуировочной таблице для данной катушки величину измеренной частоты.

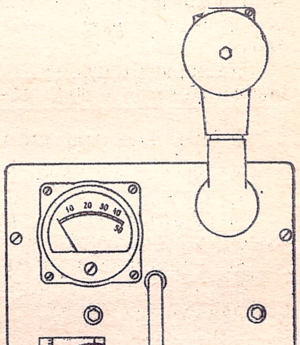


Рис. 103. Вид передней панели прибора Ч2-1.

Частотомер резонансный Ч2-9

Предназначен для измерения частоты незатухающих и импульсно-модулированных колебаний 10-сантиметрового диапазона волн.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот 1765—3750 МГц.
2. Погрешность измерений по частоте не превышает ±0,05%.
3. Чувствительность прибора 300 мкВт.
4. Питание прибора при измерении частоты импульсно-модулированных колебаний от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127 или 220 В. Мощность, потребляемая от сети, не более 30 Вт.

При измерении частоты незатухающих колебаний питание для прибора не требуется.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора (рис. 104) состоит из входной цепи, колебательной системы, усилителя и индикатора.

Входная цепь включает в себя элемент связи в виде антенны длиною 0,8 м и переменного аттенюатора поглощающего типа, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «аттенюатор». При повороте ручки меняется погружение поглощающей пластины аттенюатора в щель коаксиальной линии.

В резонансной камере коаксиального типа настройка в резонанс осуществляется изменением длины центрального стержня камеры. Ручка настройки частотомера выведена сбоку корпуса прибора (под крышкой). В резонансную камеру выходят два элемента связи: входной штырь и выходная петля. Сигнал с петли связи подается на детектор. Нагрузкой детектора служит потенциометр R_1. Напряжение с нагрузки детектора подается на индикатор непосредственно при измерении частоты незатухающих колебаний или через усилитель при измерении импульсно-модулированных сигналов.

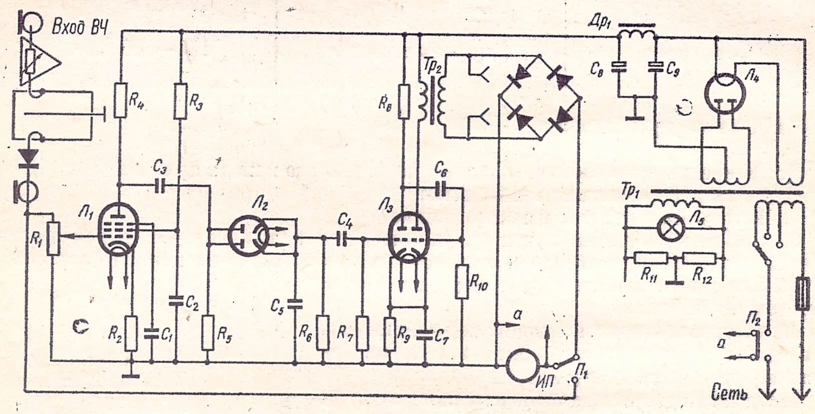


Рис. 104. Принципиальная схема прибора Ч2-9.

Усилитель состоит из трех каскадов: усилителя импульсов на лампе $Л_1$ расширителя импульсов на лампе $Л_2$, оконечного усилителя на лампе $Л_3$ и селенового выпрямителя, собранного по мостовой схеме. Коэффициент усиления регулируется потенциометром R_1, ручка которого на передней панели обозначена «усилитель».

Индикатором служит микроамперметр *ИП*. В схеме частотомера предусмотрено включение в качестве индикатора телефонов (при измерении частоты импульсно-модулированных колебаний).

Выпрямитель работает на лампе $Л_4$ по двухполупериодной схеме. Питание прибора включается переключателем $П_2$, обозначенным на передней панели «усилитель».

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ч2-9 приведена в табл. 53.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 105). Рабочее положение прибора горизонтальное. Фишка для подключения кабеля питания, предохранитель-переключатель силового трансформатора и люк детектора находятся на передней стенке прибора. Ручка частотомера выведена на правую боковую стенку. Антенна, кабель связи и кабель питания хранятся в съемной крышке прибора.

53. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ч2-9

Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	СП-I-1-А	3,3 кОм
R_2	ВС-0,5	270 кОм
R_3	ВС-0,25	82 кОм
R_4	ВС-1	18 кОм
R_5	ВС-0,5	150 кОм
R_6	ВС-0,25	33 МОм
R_7	ВС-0,5	1 МОм
R_8	ВС-1	39 кОм
R_9	ВС-0,5	5,1 кОм
R_{10}	ВС-0,25	24 кОм
R_{11}, R_{12}	ВС-0,25	100 Ом
C_1	КЭ-2-50	20 мкФ
C_2	КБГ-М1	0,1 мкФ
C_3	КСО-5	3000 пФ
C_4, C_5	КСО-5	1000 пФ
C_6	КСО-5	3000 пФ
C_7	КЭ-2-50	20 мкФ
C_8, C_9	КЭ-2-450	10 мкФ
$Л_1$	6Ж4	—
$Л_2$	6Х6С	—
$Л_3$	6Н8С	—
$Л_4$	5Ц4С	—
$Л_5$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
ИП	Микроамперметр	

При подготовке прибора для измерения **незатухающих колебаний** необходимо:

1. Переключатель рода работы поставить в положение «незатухающ.».

2. Ручку «аттенюатор» поставить в крайнее левое положение. Антенну соединить с кабелем связи и подключить к входному разъему. Подобрать с источником колебаний такую связь, чтобы отклонение стрелки индикатора не превышало 30—40 делений.

При подготовке прибора для измерения **частоты импульсно-модулированных колебаний** необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения переключателя силового трансформатора напряжению сети.

2. Переключатель сети «усилитель» установить в положение «выключ.».

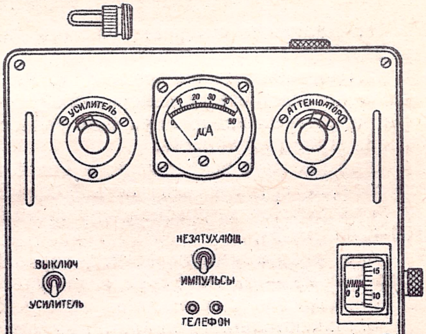


Рис. 105. Вид передней панели прибора Ч2-9.

3. Переключатель рода работы поставить в положение «импульсы».

4. Подключить кабель связи с антенной к входному разъему.

5. Ручку «аттенюатор» поставить в крайнее левое положение.

6. Ручку «усилитель» поставить в крайнее правое положение.

7. Включить питание (переключатель сети перевести в положение «усили-

тель») — при этом загорится лампочка подсвета шкалы волномера — и дать прибору прогреться в течение 2—3 мин.

8. Подобрать такую связь (расстояние между частотомером и генератором) с источником колебаний, чтобы отклонения стрелки индикатора не превышали 30—40 делений.

Измерение частоты

Для измерения частоты необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Ручкой настройки частотомера добиться максимальных показаний индикатора. При этом не следует допускать отклонения стрелки индикатора за шкалу, регулируя при необходимости ручками «аттенюатор» и «усилитель». При индикации по телефонам настройку в резонанс вести по максимуму слышимости (при этом необходимо следить за прибором).
3. Записать показания шкалы частотомера.
4. Значение измеренной частоты определить по градуировочной таблице. В левой вертикальной колонке таблицы нанесены значения делений подвижного барабана (нониуса), а в верхней горизонтальной строчке — значения делений неподвижного правого барабана.

Для подсчета половинок над делениями нанесены риски. Если ближайшая к кромке нониуса риска находится в верхнем ряду, то к делениям нониуса нужно добавить цифру 50. Значение частоты находится в клетке, соответствующей пересечению колонки и строчки с цифрами, снятыми с соответствующих шкал частотомера.

Частотомер резонансный Ч2-12

Предназначен для измерения частоты генераторов 3-сантиметрового диапазона волн, работающих в режиме непрерывных и импульсно-модулированных колебаний.

Основные технические характеристики

1. Диапазон измерения частоты (длины волны) 7300—11200 МГц (от 38,4 до 26,8 мм).

2. Погрешность измерений:
при непосредственных измерениях $\pm 5 \cdot 10^{-4}$;
при разностных измерениях (для разностей меньше 60 МГц) ±1,5 МГц.

3. Чувствительность:

при работе с непрерывными колебаниями на входе волновода должна быть обеспечена средняя мощность 100 мкВт;

при работе импульсно-модулированными колебаниями (скважность 1000) — 100—200 мкВт;

при работе импульсно-модулированными колебаниями с индикацией на осциллограф — около 5 мВт в импульсе.

4. Качество резонаторной камеры 2500.

5. Максимальная мощность на входе волновода 0,2—0,3 Вт средней мощности.

6. Источник питания не требуется.

7. Вес прибора около 7,5 кг, габаритные размеры 395 × 200 × 140 мм.

Переходные элементы, входящие в комплект прибора, имеют следующие характеристики:

двойной волноводно-коаксиальный переход — коэффициент бегущей волны более 0,7, затухание 10 дБ;

проходная секция с кабелем — переходное затухание без штуцера 10—15 дБ, переходное затухание со штуцером 35—45 дБ;

рупор — имеет коэффициент усиления по отношению к ненаправленному диполю 17,5 дБ.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора (рис. 106) состоит из волноводной части и индикатора.

В волноводную часть прибора входят аттенюатор *Ат*, резонаторная настраиваемая камера волномера *РК* и детекторная секция *Д*.

Высокочастотная энергия, поступающая на входной фланец волновода, через аттенюатор подается на детектор. Степень ослабления аттенюатора можно регулировать ручкой, обозначенной на передней панели «затухание».

До детектора с волноводом через штырь связана резонаторная камера — замкнутый коаксиальный резонатор, длину которого можно изменять при помощи поршня, передвигаемого вдоль камеры вращением ручки волномера. При настройке в резонанс коаксиальный резонатор через штырь связи сильно шунтирует волновод и величина энергии, поступающая на детектор, уменьшается, показания индикатора также уменьшаются.

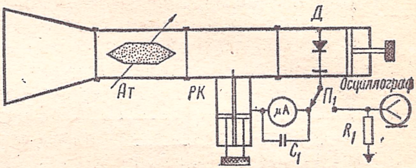


Рис. 106. Принципиальная схема Ч2-12.

Детектор прибора закреплен в специальном держателе. Положение детектора в волноводе может изменяться при помощи головки «детектор». Перемещением держателя с детекторной головкой «детектор» и поршня детекторной камеры (ручка «настройка детектора») настраивается детекторная камера.

Индикация принятого сигнала осуществляется непосредственно по микроамперметру или по внешнему осциллографу, который подсоединяют к гнезду «осциллограф». Вид индикации устанавливают переключателем $П_1$, на передней панели обозначенным «осциллограф — прибор».

Подготовка прибора к работе

Рабочее положение прибора горизонтальное.

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель(рис. 107). Ручка настройки частотомера и входной фланец волновода выведены сбоку.

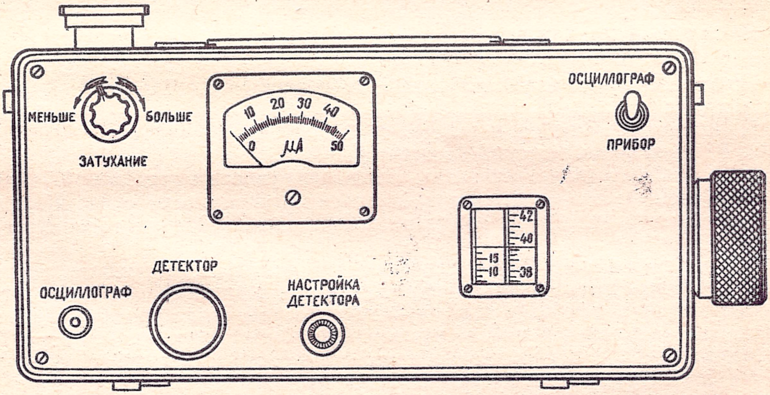


Рис. 107. Вид передней панели Ч2-12.

Кроме того, к прибору придается комплект соединительных элементов: высокочастотный кабель; волноводно-коаксиальные переходники большого сечения (28,5 × 12,6 мм); волноводно-коаксиальный переходник малого сечения

(22,9 × 10,2 мм); проходная секция большого сечения; проходная секция малого сечения; штуцер к высокочастотному кабелю; рупорная антенна, экранированный кабель для подключения частотомера к осциллографу; струбцинки для фланцевых соединений.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Установить ручку «затухание» в положение наибольшего затухания аттенюатора.

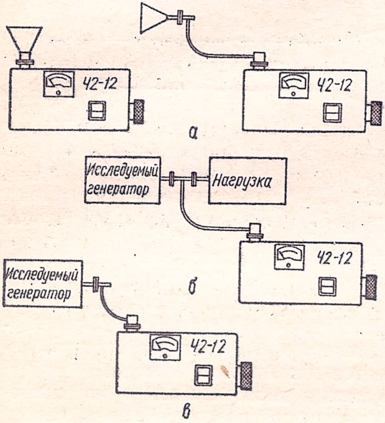


Рис. 108. Схемы возможных связей частотомера с генератором.

2. Выбрать необходимые соединительные элементы и соединить их.

Выбор соединительных элементов зависит от выбранного способа соединения частотомера с генератором, длину волны которого измеряют. Возможны следующие способы связи частотомера с генератором:

при помощи рупора (рис. 108, *а*);

при помощи проходной секции (большого или малого сечения), включаемой в волноводный тракт генератора (рис. 108, *б*). При включении в тракт мощных генераторов на конец кабеля, соединяемый с проходной секцией, предварительно навинчивают специальный штуцер, за счет чего создается увеличенное переходное затухание;

при помощи двойного волноводно-коаксиального перехода (рис. 108, *в*).

Примечание. При соединении фланцев следует пользоваться струбцинками; при соединении кабеля с проходными секциями гайки штепсельных разъемов кабелей навинчивать до отказа.

3. Установить переключатель вида индикации в требуемое положение. Если измерение будет производиться с индикацией на осциллограф, то гнездо «осциллограф» соединить специальным кабелем с входом осциллографа.

Настройка прибора

Перед измерением частотомер необходимо настроить. Для настройки прибора следует:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Включить исследуемый генератор.
3. Ручкой «затухание» установить показание прибора в пределах 10—15 мкА.
4. Ручкой «настройка детектора» добиться максимальных показаний прибора (ручкой «затухание» поддерживать показания прибора в пределах середины шкалы).

Примечание. Для увеличения чувствительности прибора рекомендуется настроить детекторную камеру. Для этого, отвинтив колпачок (с держателя детектора) и освободив зажимную гайку держателя детектора, перемещением детектора вверх или вниз добиться максимальных показаний прибора. После этого зафиксировать положение детектора, завернув зажимную гайку, и подстроить детектор ручкой «настройка детектора».

5. Ручкой «затухание» установить по прибору:

25 мкА при работе с непрерывными колебаниями или с импульсно-модулированными колебаниями малой скважности (меньше 1000);

10—15 мкА при работе с импульсно-модулированными колебаниями со скважностью больше 1000.

При индикации по осциллографу частотомер настраивают по максимальному импульсу на экране осциллографа, установку размеров изображения на экране регулируют ручкой «затухание» аттенюатора частотомера и усиления осциллографа.

Измерение частоты (длины волны) генератора

Для измерения частоты (длины волны) генератора после настройки детектора необходимо:

1. Вращая ручку настройки частотомера, добиться минимума показаний индикатора (настройка камеры в резонанс соответствует уменьшению показаний прибора примерно вдвое). Минимум показаний установить возможно точнее.
2. Снять показания лимбов частотомера.

На медленно вращающемся лимбе (слева) отсчитывают целые значения миллиметров и их половинки, на быстро вращающемся (справа) — десятые и сотые доли миллиметра. Цена одного большого деления быстро вращающегося лимба соответствует 0,01 мм по перемещению поршня.

3. Вращая ручку частотомера в прежнем направлении, добиться второй и затем третьей настройки камеры в резонанс. Записать показания лимбов при третьей настройке камеры.
4. Подсчитать длину волны генератора. Величина измеряемой длины волны в миллиметрах определяется разностью показаний лимбов при первой и третьей настройках камеры частотомера в резонанс.

Значения длины волны можно перевести в значения частоты по формуле

$$f = \frac{299776}{\lambda} \text{ МГц}$$

или по графику, помещенному в конце инструкции к прибору.

ЧАСТОТОМЕРЫ ЕМКОСТНЫЕ

Частотомер емкостный Ч3-1

Предназначен для измерения частоты электрических колебаний синусоидальной формы.

Основные технические характеристики

1. Диапазон измеряемых частот 10—200000 Гц.
2. Основная приведенная погрешность прибора при нормальных условиях работы составляет:
   - не более ±1,5% от номинала шкалы в диапазоне частот от 10 до 100000 Гц;
   - не более ±2% — от 100 до 200 кГц.
3. Нормальные условия работы:
   - практически синусоидальная форма кривой исследуемого напряжения;
   - нормальное напряжение питания прибора;
   - напряжение исследуемого сигнала:
   - от 0,5 до 200 В при частотах от 30 до 20000 Гц;
   - от 1 до 200 В при частотах от 10 до 30 Гц и от 20 до 200 кГц;
   - температура окружающей среды от 10 до 35° С.
4. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127 и 220 В.
5. Входное сопротивление прибора не менее 50 кОм; входная емкость не более 30 пФ.
6. Конструктивно вход прибора выполнен в виде стандартных гнезд-клемм.
7. Вес прибора не более 15 кг, габаритные размеры 545 × 291 × 280 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора Ч3-1 (рис. 109) состоит из предварительного усилителя, генератора калибровки, электронного коммутатора и блока питания.

Принцип работы частотомера основан на измерении тока разряда конденсатора, заряжаемого от источника питания и разряжаемого через индикаторный прибор. Конденсатор переключается с заряда на разряд при помощи электронного коммутатора с частотой исследуемого сигнала.

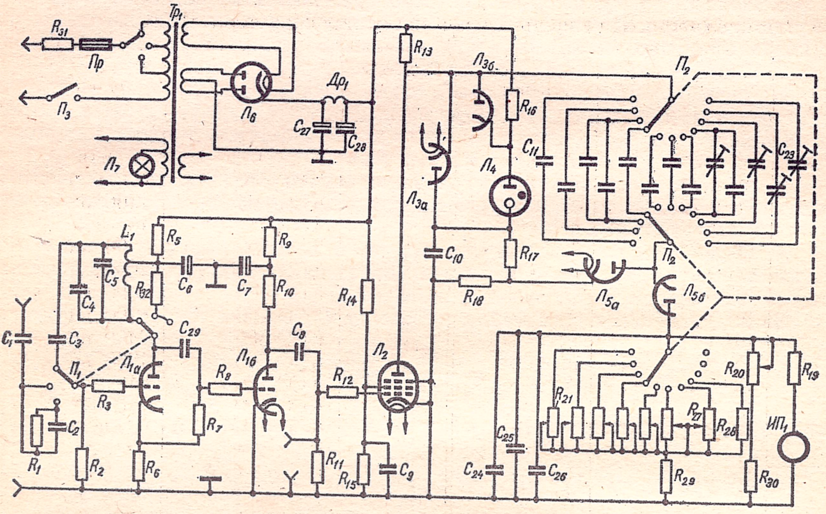


Рис. 109. Принципиальная схема прибора Ч3-1.

Исследуемый сигнал через входные клеммы и переключатель $П_1$ (в положении «вход» и «контроль») поступает на вход двухкаскадного усилителя, работающего по схеме с ограничением в цепях сеток на двух триодах (лампы $Л_{1а}$ и $Л_{1б}$).

Входные клеммы и ручка переключателя $П_1$ выведены на переднюю панель с обозначением «вход» и «операция».

После усиления сигнал поступает на электронный коммутатор, собранный на лампе $Л_2$ и работающий по схеме с ограничением в цепи сетки. При отрицательном полупериоде исследуемого сигнала лампа $Л_2$ запирается и один из калиброванных конденсаторов C_{11} — C_{23} заряжается до напряжения, равного напряжению на аноде стабилизатора $Л_4$. При положительном полупериоде исследуемого сигнала лампа $Л_2$ открывается и калиброванный конденсатор разряжается по цепи лампа $Л_2$ — прибор с шунтами — диод $Л_{5а}$ до напряжения, равного напряжению катода стабилизатора $Л_4$. Такой режим работы обеспечивается при помощи фиксирующих диодов (лампы $Л_{3а}$ и $Л_{3б}$). Ток разряда калиброванного конденсатора, пропорциональный частоте исследуемого сигнала, фиксируется индикаторным прибором *ИП*. Калиброванные конденсаторы и шунты подключаются к прибору переключателем $П_2$, ручка которого на передней панели имеет обозначение «пределы измерения кгц».

При установке переключателя $П_1$ в положение «10 кгц» первый каскад усилителя переключается в режим генератора напряжения частотой 10 кГц. Показания индикаторного прибора корректируют регулировкой шунта к прибору R_{20}. Ручка этой регулировки выведена на переднюю панель с обозначением «установка 10 кгц».

Блок питания представляет собой двухполупериодный выпрямитель на лампе Л_6 с фильтром.

Начальный ток диода Л_5 компенсируется напряжением с сопротивления R_{18}.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ч3-1 приведена в табл. 54.

54. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ч3-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,25	51 кОм	C_6, C_7	КЭ-450	10 мкФ
R_2	ВС-0,25	160 кОм	C_8	КБГ-400	0,1 мкФ
R_3	ВС-0,25	47 кОм	C_9	КСО-500	1500 пФ
R_5	ВС-1	4,7 кОм	C_{10}	КЭ-450	10 мкФ
R_6	ВС-0,25	1,2 кОм	C_{11}	КСО-500	2500 пФ
R_7	ВС-0,25	68 кОм	C_{12}	КСО-1000	10000 пФ
R_8	ВС-0,25	20 кОм	C_{13}	КСО-500	2400 пФ
R_9	ВС-1	4,7 кОм	C_{14}	КСО-500	5100 пФ
R_{10}	ВС-1	51 кОм	C_{15}	КСО-500	2400 пФ
R_{11}	ВС-0,25	68 кОм	C_{16}	КСО-500	1200 пФ
R_{12}	ВС-0,25	20 кОм	C_{17}	КСО-500	510 пФ
R_{13}	ВС-1	8,2 кОм	C_{18}	КСО-500	240 пФ
R_{14}	ВС-1	27 кОм	C_{19}	Воздушный	6—35 пФ
R_{15}	ВС-1	22 кОм	C_{20}	КТК-2-М	47 пФ
R_{16}	ВС-0,25	1 кОм	C_{21}, C_{22}	Воздушный	6—35 пФ
R_{17}	ВС-1	22 кОм	C_{23}	»	3—8 пФ
R_{18}	Проволочный	650 Ом	C_{24}	КСО-500	1500 пФ
R_{19}	»	2,3 кОм	C_{25}, C_{26}	КМБГ-160	20 мкФ
R_{20}	»	9 кОм	C_{27}, C_{28}	КЭ-450	10 мкФ
R_{21}—R_{28}	»	6,5 кОм	C_{29}	КБГ-400	0,1 мкФ
R_{29}	»	2 кОм	Л_1	6Н9С	—
R_{30}	»	6,2 кОм	Л_2	6Ж8	—
R_{31}	»	2 Ом	Л_3	6Х2П	—
R_{32}	ВС-1	430 Ом	Л_4	СГ4С	—
C_1	КБГ-400	0,25 мкФ	Л_5	6Х6С	—
C_2	КСО-2500	100 пФ	Л_6	6Ц5С	—
C_3	КСО-500	2400 пФ	Л_7	МН-14	6,3 В; 0,28 А
C_4	КСО-500	5600 пФ	*ИП*	М-24	—
C_5	КСО-500	3900 пФ			

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 110).

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения предохранителя-переключателя силового трансформатора напряжению сети.
2. Переключатель сети установить в положение «выключено».
3. Установить переключатель «операции» в положение «10 кгц».
4. Переключатель «пределы измерений кгц» установить в положение «10».
5. Подключить кабель питания к сети.

6. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 30 мин.

7. Ручкой «установка 10 кгц» добиться установки стрелки индикатора против риски «50».

8. Перевести переключатель «пределы измерения кгц» последовательно в положение «20» и «50» , при этом показания индикатора должны быть соответственно 25 и 10.

Измерение частоты

Для измерения частоты исследуемого сигнала после подготовки к работе необходимо:

1. Подключить выход источника исследуемого сигнала к входу прибора. Незаземленные источники лучше всего подключить через разделительный трансформатор.

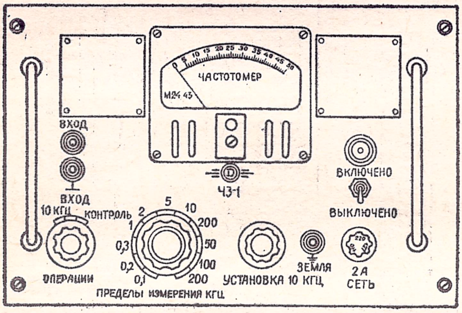


Рис. 110. Вид передней панели прибора ЧЗ-1.

2. Переключатель «операции» перевести в положение «вход».

3. Ручкой «пределы измерения кгц» добиться показаний прибора, больших 20.

4. Переключатель «операции» перевести в положение «контроль». При этом стрелка прибора не должна отклониться от предыдущего положения больше, чем на полделения шкалы. Значительные изменения показаний прибора говорят о недостаточности напряжения исследуемого сигнала, подведенного к входным клеммам.

5. Возвратить переключатель «операции» в положение «вход» и по показаниям индикатора и переключателя «пределы измерения кгц» определить значение измеряемой частоты.

ЧАСТОТОМЕРЫ ГЕТЕРОДИННЫЕ

Частотомер гетеродинный Ч4-1

Предназначен для точного измерения частоты генераторов синусоидальных колебаний, работающих в диапазоне частот 125 кГц — 20 МГц, если частота их заранее ориентировочно определена каким-либо способом. Кроме того, гетеродинный частотомер можно использовать как маломощный генератор высокочастотных колебаний в этом же диапазоне частот с выходным напряжением до 10—12 В.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот 125 кГц — 20 МГц.

2. Погрешность градуировки ±50 Гц на диапазоне I и ±400 Гц на диапазоне II.

3. Уход частоты ±90 Гц при изменении питающего напряжения на ±10%.

4. Частота кварцевого генератора 1000 кГц ± 10 Гц.

Схема прибора

Принципиальная схема гетеродинного частотомера типа Ч4-1 (рис. 111) содержит генератор высокой частоты, кварцевый генератор, смеситель, усилитель низкой частоты, блок питания.

Высокочастотный генератор собран на лампе $Л_1$ по схеме с электронной связью. Частоту генератора изменяют:

плавно—изменением емкости конденсатора C_1. Ручка конденсатора переменной емкости выведена на переднюю панель. Для подстройки частоты генератора при корректировке шкалы служит конденсатор C_2, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «коррекция»;

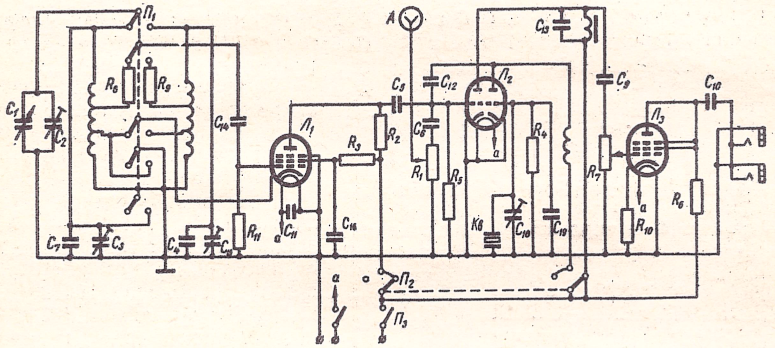


Рис. 111. Принципиальная схема прибора Ч4-1.

ступенями — переключением катушек индуктивности контура генератора, переключатель которых $П_1$ на панели прибора обозначен «диапазон».

Генератор работает при установке переключателя рода работ $П_2$ в положение «гетер.» (гетеродин) и «проверка».

Кварцевый генератор выполнен на одном из триодов лампы $Л_2$ по схеме с обратной связью через емкость сетка — анод лампы. На частоту 1000 кГц генератор настраивается на заводе конденсатором полупеременной емкости C_{18}. Кварцевый генератор работает при установке переключателя рода работ в положение «кварц» и «проверка».

В качестве смесительной лампы используется другой триод лампы $Л_2$, работающий в схеме односеточного преобразования. На сетку этой лампы подаются напряжения частоты исследуемого сигнала, высокочастотного генератора и кварцевого генератора в зависимости от положения переключателя рода работы $П_2$. Исследуемое напряжение подводится к гнезду «вход ВЧ». Величина его регулируется потенциометром R_1, который определяет величину напряжения высокочастотного генератора, снимаемого с гнезда «вход ВЧ» (при использовании прибора в качестве генератора ВЧ).

Напряжение биений соответствующих сигналов из анодной цепи преобразователя подается на усилитель низкой частоты, работающий на лампе $Л_3$. Усиление регулируется изменением напряжения звуковой частоты, подаваемого на вход усилителя с потенциометра R_7, ручка которого на передней панели обозначена «усиление».

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ч4-1 приведена в табл. 55.

55. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Ч4-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	СП-1-1-А	10 кОм	C_9	КБГ-И	0,02 мкФ
R_2	ВС	47 кОм	C_{10}	КБГ-МП	0,5 мкФ
R_3	ВС	10 кОм	C_{11}	КСО-2	1000 пФ
R_4, R_5	ВС	1 МОм	C_{12}	КДК-2-С	5 пФ
R_6	ВС	15 МОм	C_{13}	КСО-2	1000 пФ
R_7	СП-1-1-А	470 кОм	C_{14}	КТК-1-Д	100 пФ
R_8	ВС	10 кОм	C_{15}	КДК-2	10 пФ
R_9, R_{10}	ВС	360 Ом	C_{16}	КБГ-МП	0,1 мкФ
R_{11}	ВС	150 кОм	C_{18}	КДК-2	6 пФ
C_1	Специальный	180 пФ	C_{19}	Микро	12пФ
C_2	—	3 пФ	$Л_1$	6Ж8	—
C_3, C_4	Микро	12 пФ	$Л_2$	6Н9С	—
C_5—C_7	КДК-2-С	10 пФ	$Л_3$	6Ж8	—

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления выведены на переднюю панель (рис. 112), закрываемую откидной крышкой. На откидной крышке крепится градуировочная книга.

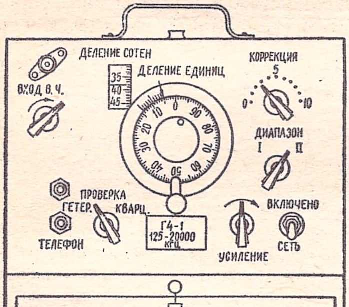


Рис. 112. Вид передней панели прибора Ч4-1.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Открыть откидную крышку.
2. Подключить кабель питания к сети.
3. Подключить телефоны в гнездо «телефон».
4. Включить питание и дать прибору прогреться в течение 20 мин.
5. Откорректировать градуировку волномера. Для корректировки необходимо:

по оглавлению градуировочной книги найти, в каком диапазоне и на какой странице указана измеряемая частота;

установить переключатель диапазонов в нужное положение;

на соответствующей странице градуировочной книги найти кварцевую контрольную точку, ближайшую к измеряемой частоте. Контрольная точка приведена внизу страницы и напечатана красным шрифтом;

установить лимбы гетеродина в положение, указанное в градуировочной книге для контрольной точки;

переключатель рода работы поставить в положение «проверка».

После этого ручкой «коррекция» добиться нулевых биений (пропадания слышимости).

Измерение частоты генератора

1. Переключатель рода работы поставить в положение «гетер.».
2. Соединить исследуемый генератор с гнездом «вход ВЧ» прибора экранированным кабелем. Ручками «вход ВЧ» и «усиление» установить необходимую слышимость в телефонах.

3. Изменением частоты гетеродина на участке заданной частоты добиться в телефонах нулевых биений. Точное значение частоты определяется из градуировочной книги по показаниям отсчетных лимбов «деление сотен» и «деление единиц».

Использование прибора Ч4-1 в качестве генератора высокочастотных колебаний

1. Установить переключатель рода работы в положение «гетер.».
2. Установить отсчетные лимбы прибора в положение для заданной частоты по градуировочной книге. При этом выходное напряжение снимается с гнезда «вход ВЧ» и изменяется ручкой «вход ВЧ».

Частотомер гетеродинный Ч4-5

Широкодиапазонный гетеродинный частотомер для измерения частоты незатухающих колебаний в диапазоне сантиметровых волн в условиях лабораторий и цехов.

Основные технические характеристики

1. Диапазон измеряемых частот 2,5—18 ГГц (12—1,7 см).

Верхний предел диапазона измеряемых частот (18 ГГц) может быть увеличен применением соответствующих смесительных головок (помимо имеющихся в комплекте прибора). Возможно также измерение частот в участках 0,83—1,11 и 1,66—2,22 ГГц, соответствующих биениям измеряемой частоты с первой и второй гармониками частоты гетеродина.

2. Погрешность измерения частоты в нормальных условиях менее $5 \cdot 10^{-5}$.

3. Чувствительность прибора 100 мкВт.

4. Нормальными условиями являются:
температура окружающего воздуха 20 ± 10° С;
относительная влажность воздуха от 40 до 80%;
напряжение питающей сети 220 В ± 10%;
прогрев прибора после включения в сеть в течение одного часа;
8-часовая непрерывная работа.

5. Вход прибора коаксиальный, 50-омный, соотношение диаметров входного разъема 10/4,35. Диапазон измеряемых частот перекрывается при помощи четырех сменных смесительных головок (трех волноводных 8 × 17 мм, 10 × 23 мм и 12,6 × 28,5 мм и коаксиальной с волновым сопротивлением входа 50 Ом и соотношением диаметров 10/4,35), подключаемых к входу прибора 50-омным кабелем типа РК-29. К коаксиальной головке придаются два переходника для подключения ее к коаксиальным системам 16/4,5 (75 Ом) и 16/6,95 (50 Ом).

6. Питание прибора от сети переменного тока напряжением 220 и 127 В частотой 50 Гц, потребляемая мощность 200 Вт.

7. Вес прибора (без смесительных головок) 25 кг, габаритные размеры 500 × 330 × 335 мм.

Схема прибора

Прибор Ч4-5 содержит следующие основные узлы: внешнюю измерительную смесительную головку (одна из четырех сменных головок); гетеродин (генератор дециметровых волн); калибратор частоты гетеродина, состоящий из кварцевого генератора частоты 10 МГц, мультивибратора частоты 2 МГц и модулятора; смеситель калибратора; усилитель нулевых биений; визуальный и тональный индикаторы нулевых биений; выпрямительное устройство с электронным стабилизатором анодного напряжения и стабилизатором напряжения накала ламп.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 113.

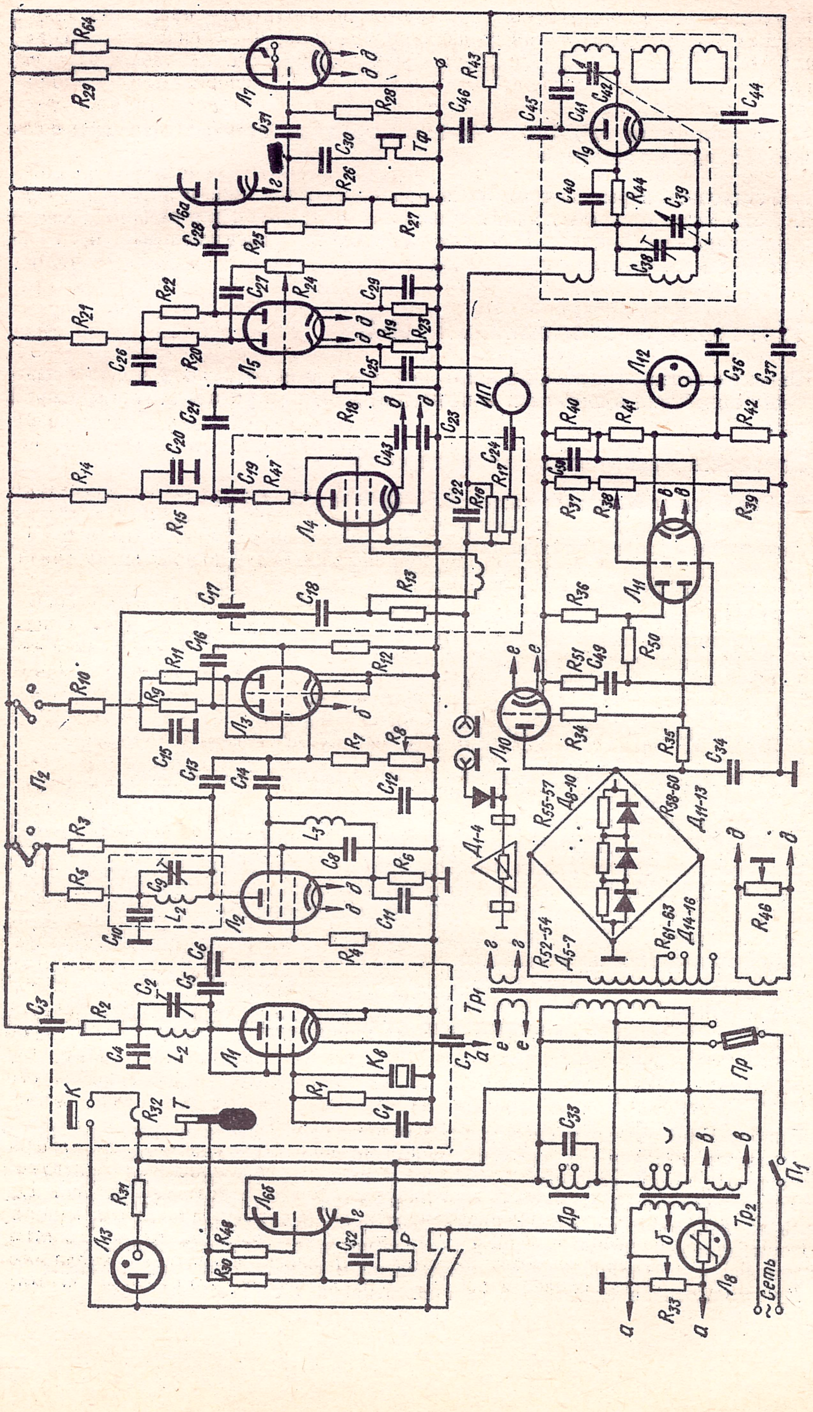

R64
R29
Л7
R28
C31
C30
Тф
R26
R27
Л6а
C28
R25
R22
R21
C27
R24
C29
R19
R23
C26
R20
Л5
C25
R18
C21
C20
R14
R15
C19
R47
C43
C23
ИП
C24
C22
R16
R17
Л4
C17
C18
R13
R43
C46
C45
C41
C42
C44
Л9
C40
R44
C39
C38
Л12
C36
C37
R40
R41
R42
C35
R37
R38
R39
Л11
R36
R50
R51
C49
Л10
R34
R35
C34
R10
R9
R11
C16
R12
Л3
C15
C13
C14
R7
R8
C12
П2
R3
R5
L3
C8
R6
C9
C10
L2
Л2
C11
R4
C6
C3
R2
C2
C5
C4
Л1
Кв
R1
C1
C7
Тр1
К
R32
Т
R31
Л13
R48
Л6б
C32
Р
R30
Д1-4
R55-57
Д8-10
R58-60
Д11-13
R52-54
Д5-7
R61-63
Д14-16
R46
C33
Др
Тр2
Пр
П1
Л8
R33
~Сеть
а
б
в
г
д
е

Рис. 113. Принципиальная схема прибора Ч4-5.

Гетеродин представляет собой генератор дециметровых волн, собранный на отрезках коаксиальных линий по двухконтурной схеме с общей сеткой. В качестве генераторной лампы используется маячковый триод $Л_9$. Перестраивают генератор в рабочем диапазоне частот от 0,83 до 1,1 ГГц спаренными цилиндрическими конденсаторами C_{39} и C_{42}, один из которых находится в анодно-сеточном, а другой — в сеточно-катодном контуре. Конденсатор C_{38} предназначен для сопряжения контуров.

Механизм перестройки частоты гетеродина связан со специальной шкалой, на которой нанесены значения частот генератора. Эта шкала находится на передней панели прибора. Помимо основного органа перестройки, в гетеродине имеются два вращающихся короткозамкнутых витка индуктивности, один из которых служит для подстройки (коррекции) частоты гетеродина при его калибровке по гармоникам кварцевого генератора (через 10 МГц), а другой — для перестройки гетеродина в пределах 2 МГц при точном измерении частоты. Указанные витки механически связаны соответственно с ручками «калибр. 10 Мгц» и «измерение», выведенными на переднюю панель прибора. При повороте ручки «измерение» одновременно изменяются положение второго витка и угол поворота вращающегося барабана, на боковую поверхность которого нанесена шкала с делениями через каждые 0,05 МГц. С помощью ручки «калибр. 2 Мгц» визир шкалы барабана можно перемещать вдоль оси последнего и устанавливать в требуемом положении.

Анодное питание гетеродина подается от общей цепи стабилизированного напряжения 300 В через ограничительное сопротивление R_{43}. Питание накала лампы подается также от цепи стабилизированного напряжения накала 6,3 В. Энергия СВЧ выводится из генератора при помощи индуктивного витка связи, находящегося в сеточно-катодном контуре.

Кварцевый генератор собран на лампе $Л_1$ по двухконтурной схеме с общим катодом. Кварц на 10 МГц, определяющий частоту генератора, включен в цепь сетки лампы. Точная подстройка частот генератора достигается изменением емкости триммера C_1, включенного параллельно кварцу. Для повышения стабильности частоты кварцевый генератор помещен в термостат, в котором поддерживается постоянная температура 60° С. Анодное питание и накал лампы от тех же стабилизированных источников, от которых питается лампа гетеродина.

Модулятор калибратора, собранный на лампе $Л_2$, выполняет в зависимости от режима работы прибора две функции. В режиме калибровки шкалы плавного гетеродина по гармоникам частоты 10 МГц (кварцевого генератора) модулятор выполняет роль буферного каскада, исключающего влияние других цепей прибора на кварцевый генератор. В режиме измерений неизвестной частоты модулятор выключается. В режиме калибровки шкалы гетеродина через 2 МГц каскад является модулятором. В этом случае на управляющую сетку лампы подается переменное напряжение от кварцевого генератора, а на пентодную — переменное напряжение частотой 2 МГц от мультивибратора, и происходит амплитудная модуляция несущей частоты 10 МГц колебаниями частоты 2 МГц. В обоих режимах калибровки переменное напряжение, возникающее в анодном контуре модулятора, поступает на смеситель $Л_4$. Боковые частоты 8 и 12 МГц, получающиеся при модуляции, ослабляются контуром и поэтому не ухудшают работу прибора в режиме калибровки через 2 МГц. Так как активное сопротивление дросселя L_3 ничтожно мало, напряжение частоты 10 МГц, снимаемое с анодного контура, не меняется при переходе от режима калибровки через 10 МГц к режиму калибровки через 2 МГц.

Мультивибратор частоты 2 МГц собран на двойном триоде $Л_3$ с достаточно большой крутизной, что особенно необходимо при генерировании колебаний частоты 2 МГц. Мультивибратор, в отличие от обычных схем генераторов LC, легко синхронизируется от внешнего источника. Собственная частота мультивибратора прибора меньше 2 МГц. Для получения частоты, равной 2 МГц, мультивибратор синхронизирован частотой кварцевого генератора с анода лампы модулятора через конденсатор C_{13}. Модулирующее напряжение частоты

2 МГц снимается на пентодную сетку лампы модулятора с конденсатора C_{12}. Для обеспечения стабильности синхронизации, помимо питания анодов лампы $Л_3$ от стабилизированного источника, напряжение накала лампы также стабилизировано (при помощи феррорезонансного стабилизатора). Кроме того, при настройке прибора устанавливается оптимальное значение сопротивления параллельной цепочки RC в катоде лампы мультивибратора ($C_{14}C_{12}$, R_7R_8) при помощи потенциометра R_8 («Рег. 2 Мгц»).

Смеситель калибратора собран на лампе $Л_4$, имеющей в триодном включении большую крутизну и работающей в режиме сеточного детектирования. Лампа смесителя вместе с входными цепями находится в экране. На управляющую сетку лампы подается переменное напряжение с выхода модулятора. Через камеру смесителя калибратора проходит коаксиальная линия, по которой подается высокочастотная энергия от гетеродина к измерительным смесительным головкам. В разрыве линии, внутри камеры смесителя калибратора, включена нагрузка $R_{16} = 300$ Ом кристаллического детектора измерительной головки, зашунтированная конденсатором C_{22}. В этом месте часть энергии СВЧ гетеродина посредством витка связи ответвляется на управляющую сетку лампы смесителя, в результате чего в сеточной цепи этой лампы возникают биения между основными и гармоническими составляющими сигналов гетеродина и калибратора.

Анодная нагрузка смесителя, на которой выделяется напряжение нулевых биений, находится вне камеры смесителя. При работе прибора в режиме измерений лампа $Л_4$ выполняет роль усилителя. В этом случае на ее сетку подается только напряжение с нагрузки детектора измерительной смесительной головки, а напряжение с выхода модулятора калибратора не поступает.

Смесительные измерительные головки подключаются к входу прибора при помощи 50-омного коаксиального кабеля типа РК-29.

В смесительную головку на кристаллический детектор ДГ-С4 (или ДГ-СВ, Д403В) по кабелю подается сигнал гетеродина, а на вход головки поступает сигнал измеряемой частоты (2,5—18 МГц). В результате преобразования частот, при кратности измеряемой частоты с частотой гетеродина, возникают нулевые биения. Ток нулевых биений протекает по кабелю и создает падение напряжения на нагрузке детектора R_{16}, которое усиливается усилителем биений.

Волноводные головки широкополосны в пределах диапазона частот применения волноводов соответствующего сечения. Конструктивно они выполнены в виде короткозамкнутых отрезков волноводов, в которых на расстоянии четверти длины волны (для средней частоты диапазона головки) от короткозамкнутого конца расположен кристаллический германиевый детектор. Для обеспечения хорошего согласования каждой головки во всем ее диапазоне частот в ней имеются четвертьволновые запоры. Для регулировки мощности сигнала измеряемой частоты в головках установлены переменные поглощающие пластинчатые аттенюаторы, обеспечивающие затухание до 25 дБ.

Коаксиальная смесительная головка 10/4,35 представляет собой отрезок коаксиальной линии, нагруженной на сопротивление резистора типа УНУ-0,25-50 Ом. Кристаллический детектор Д403В расположен параллельно с резистором УНУ и имеет с ним индуктивную связь, которая может регулироваться изменением положения детектора относительно сопротивления с помощью ручки регулировки.

Усилитель нулевых биений состоит из двух усилительных каскадов на сопротивлениях, собранных на двойном триоде $Л_5$, и катодного повторителя на одном триоде лампы $Л_6$.

Индикаторами нулевых биений в приборе являются телефоны *Тф* (звуковой индикатор) и лампа $Л_7$ (электронно-визуальный индикатор). Оба индикатора подключены к выходу катодного повторителя усилителя биений.

Термостат представляет собой замкнутый толстостенный металлический корпус, обладающий большой теплоемкостью, внутри которого расположены подогреватели и контактный ртутный термометр, управляющий схемой включения подогревателей, которые обеспечивают постоянную температуру в термостате, равную 60° С.

Выпрямительное устройство прибора состоит из силового трансформатора и выпрямителя, электронного стабилизатора выпрямленного анодного напряжения и стабилизатора напряжения накала.

Первичная обмотка трансформатора питается от сети напряжением 127 или 220 В частотой 50Гц. Выпрямитель собран по обычной мостовой схеме и обеспечивает получение на выходе его (при номинальном значении напряжения сети) напряжения 500 В.

Электронный стабилизатор собран на лампах $Л_{10}$, $Л_{11}$ и $Л_{12}$ по схеме с двухкаскадным усилителем. Для повышения коэффициента стабилизации накал усилительной лампы $Л_{11}$ питается от феррорезонансного стабилизатора напряжения накала. Коэффициент стабилизации электронного стабилизатора составляет 500—1000. Напряжение накала лампы прибора стабилизируется феррорезонансным стабилизатором и бареттером $Л_8$, включенным после феррорезонансного стабилизатора. Коэффициент стабилизации напряжения феррорезонансного стабилизатора порядка 60, коэффициент стабилизации напряжения накала после бареттера не менее 400.

Спецификация к принципиальной схеме прибора Ч4-5 приведена в табл. 56.

Прибор может работать в одном из трех режимов: калибровка 10 МГц, калибровка 2 МГц, измерение.

Переход от одного режима работы к другому осуществляется переключателем $П_1$, расположенным на передней панели прибора и устанавливаемым соответственно в положения «10 Мгц», «2 Мгц» или «измер.». Кроме указанных режимов работы, этот переключатель может быть установлен также в положение «выкл.» (первое положение переключателя), при котором прибор отключается от питающей сети. В положении переключателя «10 Мгц» переменное напряжение кварцевого калибратора с частотами $n \cdot 10$ МГц через модулятор поступает в смеситель. В смесителе возникают биения между основной частотой гетеродина (дециметрового генератора) прибора и 83—111 гармониками частоты кварцевого генератора. Так, калибровке точки шкалы гетеродина 1000 МГц соответствует зависимость 10МГц × 100 — 1000 МГц × 1 = 0 (сотая гармоника частоты кварцевого генератора минус первая гармоника частоты гетеродина). В этом режиме калибровки калибруется частота гетеродина в точках 830, 840, 850, ..., 1100, 1110 МГц.

В положении переключателя режимов работы «2 Мгц» дополнительно включается мультивибратор, с выхода которого на пентодную сетку лампы модулятора подается переменное напряжение частоты 2 МГц, в результате чего происходит модуляция высокочастотных колебаний 10 МГц колебаниями частоты 2 МГц. Вследствие того, что анодной нагрузкой модулятора является контур, настроенный на 10 МГц, боковые частоты 8 и 12 МГц, возникающие при модуляции, выделяются на нем слабо. Однако глубина модуляции колебаний 10 МГц, поступающих с контура на смеситель, оказывается вполне достаточной для того, чтобы обеспечить калибровку частоты гетеродина через 2 МГц, поскольку при возникновении нулевых биений в смесителе калибратора используются не только основные, но и другие начальные гармоники боковых частот 8 и 12 МГц. Так, при калибровке точки шкалы гетеродина 1002 МГц имеют место следующие соотношения между частотами калибратора и гетеродина:

10 МГц × 99 + 12 МГц × 1 — 1002 МГц × 1 = 0;
10 МГц × 101 — 8 МГц × 1 — 1002 МГц × 1 = 0;
10 МГц × 93 + 12 МГц × 6 — 1002 МГц × 1 = 0;
10 МГц × 97 + 8 МГц × 4 — 1002 МГц × 1 = 0;
10 МГц × 105 — 12 МГц × 4 — 1002 МГц × 1 = 0;
10 МГц × 105 — 8 МГц × 6 — 1002 МГц × 1 = 0

и так далее.

56. Спецификация к принципиальной схеме прибора Ч4-5

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МЛТ-0,5	100 кОм	R_{64}	МЛТ-0,5	20 кОм
R_2	МЛТ-1	100 кОм	C_1	КПК-1	4—15 пФ
R_3	МЛТ-1	36 кОм	C_2	КПК-1	6—25 пФ
R_4	МЛТ-0,5	300 кОм	C_3	КТК-2-Аа	100 пФ
R_5	МЛТ-1	20 кОм	C_4	КСО-2-500-Б	1000 пФ
R_6	МЛТ-0,5	200 Ом	C_5	КТ-2а-М700	12 пФ
R_7	МЛТ-2	5,1 кОм	C_6, C_7	КТП-2-Аа	100 пФ
R_8	СП-II-1-А	4,7 кОм	C_8	КСО-2-500-Б	1000 пФ
R_9	МЛТ-2	5,1 кОм	C_9	КТ-1а-М700	3 пФ
R_{10}	МЛТ-2	10 кОм	C_{10}	КСО-5-500-Б	6200 мкФ
R_{11}	МЛТ-2	5,1 кОм	C_{11}	КСО-2-500-Б	1000 пФ
R_{12}	МЛТ-0,5	3 кОм	C_{12}	КСО-2-500-Б	200 пФ
R_{13}	МЛТ-0,5	300 кОм	C_{13}	КТ-2а-М700	3,3 пФ
R_{14}	МЛТ-2	20 кОм	C_{14}	КТ-2а-М700	68 пФ
R_{15}	МЛТ-1	10 кОм	C_{15}	КБГ-И-600	0,01 мкФ
R_{16}	МЛТ-0,5	300 Ом	C_{16}	КТ-2а-М700	47 пФ
R_{17}	МЛТ-0,5	10 кОм	C_{17}	КТП-2-Аа	100 пФ
R_{18}	МЛТ-0,5	180 кОм	C_{18}	КТ-2а-М700	47 пФ
R_{19}	МЛТ-0,5	3 кОм	C_{19}	КТП-2-Аа	100 пФ
R_{20}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_{20}	КЭ-2-450	10 мкФ
R_{21}	МЛТ-1	47 кОм	C_{21}	КСО-2-500-Б	1000 пФ
R_{22}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_{22}	КТ-2а-М700	47 пФ
R_{23}	МЛТ-0,5	3 кОм	C_{23}, C_{24}	КТП-2-Аа	100 пФ
R_{24}	СП-I-1-А	470 кОм	C_{25}	ЭМ-6	20 мкФ
R_{25}	МЛТ-0,5	170 кОм	C_{26}	КЭ-2-450	10 мкФ
R_{26}	МЛТ-0,5	1 кОм	C_{27}, C_{28}	КБГ-И-600	0,01 мкФ
R_{27}	МЛТ-2	20 кОм	C_{29}	ЭМ-6	20 мкФ
R_{28}	МЛТ-0,5	470 кОм	C_{30}	МБГП-2-200-Б	0,5 мкФ
R_{29}, R_{30}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{31}	КБГ-И-600	0,01 мкФ
R_{31}	МЛТ-0,5	30 кОм	C_{32}, C_{33}	МБГО-2-400	4 мкФ
R_{32}	Нагревательный элемент	55 Ом	C_{34}	МБГО-2-600	8 мкФ
			C_{35}	МБГП-2-200	0,5 мкФ
R_{33}	ПЭВ-10	150 Ом	C_{36}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{34}	МЛТ-0,5	30 кОм	C_{37}	МБГО-2-400	4 мкФ
R_{35}	МЛТ-0,5	3,3 МОм	C_{38}—C_{42}	Конструктивный	—
R_{36}	МЛТ-0,5	1,5 МОм			
R_{37}	МЛТ-0,5	300 кОм	C_{43}—C_{45}	ТП-2-Аа	100 пФ
R_{38}	СП-II-1-А	47 кОм	C_{46}	Э-2-450	10 мкФ
R_{39}	МЛТ-0,5	300 кОм	C_{49}	КБГ-И-600	0,01 мкФ
R_{40}	МЛТ-1	62 кОм	C_{50}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{41}	МЛТ-0,5	30 кОм	$Л_1$, $Л_2$	6Ж2П	—
R_{42}	ПЭВ-15	15 кОм	$Л_3$	6Н3П	—
R_{43}	ПЭВ-10	10 кОм	$Л_4$	6Ж5П	—
R_{44}	МЛТ-0,5	3 кОм	$Л_5$	6Н2П	—
R_{46}	ПЭВ-10	100 Ом	$Л_6$	6Н3П	—
R_{47}	МЛТ-0,5	100 Ом	$Л_7$	6Е5С	—
R_{48}	МЛТ-0,5	100 кОм	$Л_8$	1Б5 9	—
R_{50}	МЛТ-0,5	1 кОм	$Л_9$	6С5Д	—
R_{51}	МЛТ-0,5	15 кОм	$Л_{10}$	6С19П	—
R_{52}—R_{63}	МЛТ-0,5	51 кОм	$Л_{11}$	6Н2П	—

Продолжение табл. 56

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
$Л_{12}$	СГ1П	—	*Кв*	ПР2С-IV ± ± 1-10000V	—
$Л_{13}$	ТН-0,3				
$Л_1$—$Л_4$	Д403В	—	*Т*	ТК-15-000	—
$Д_5$—$Д_{16}$	Д7Ж	—	*Тф*	ТА-4	4400 Ом
		—	*ИП*	М220	—

При калибровке точки 1004 МГц

$$10\ \text{МГц} \times 98 + 12\ \text{МГц} \times 2 - 1004\ \text{МГц} \times 1 = 0;$$
$$10\ \text{МГц} \times 102 - 8\ \text{МГц} \times 2 - 1004\ \text{МГц} \times 1 = 0;$$
$$10\ \text{МГц} \times 104 - 12\ \text{МГц} \times 3 - 1004\ \text{МГц} \times 1 = 0;$$
$$10\ \text{МГц} \times 98 + 8\ \text{МГц} \times 3 - 1004\ \text{МГц} \times 1 = 0$$

и так далее.

В режиме калибровки так же, как и в режиме измерений, гетеродин работает на смесительную головку, подключенную к входной фишке прибора. Однако, в отличие от режима измерений, при калибровке частоты гетеродина на вход головки не должен поступать сигнал измеряемой частоты. Последнее обеспечивается увеличением затухания (введением) или выходного аттенюатора источника исследуемых колебаний, или аттенюатора смесительной головки прибора.

Следует иметь в виду, что в режиме калибровки «10 Мгц» между 10-мегагерцными калибрационными точками прослушиваются дополнительные 5-мегагерцные точки, а в режиме калибровки «2 Мгц» между 2-мегагерцными калибрационными точками прослушиваются дополнительные одномегагерцные точки, однако те и другие дополнительные точки значительно слабее основных калибрационных точек и поэтому не мешают производить калибровку.

В положении переключателя режимов работы «измер.» калибратор выключается, на вход рабочей смесительной головки подается сигнал измеряемой частоты, в результате чего, после перестройки частоты гетеродина до требуемого значения, на нагрузке кристаллического смесителя R_{16} возникает напряжение нулевых биений, которое усиливается усилителем биений. Смеситель калибратора в режиме измерения выполняет функции первого каскада усилителя напряжения нулевых биений.

Подготовка прибора к работе

Комплект прибора включает основной блок, соединительный 50-омный коаксиальный кабель типа РК-29, внешние смесительные головки (4 шт.) с переходниками и головные телефоны. Все элементы управления прибором, входная коаксиальная фишка и гнезда включения головных телефонов выведены на переднюю панель (рис. 114). Шнур питания, предохранитель и переключатель напряжения питающей сети $П_2$ находятся на задней стенке прибора.

Рабочее положение прибора вертикальное.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в том, что переключатель напряжения сети установлен в соответствии с напряжением сети (во избежание нарушения стабилизации напряжения феррорезонансным стабилизатором накала прибор необходимо включить в сеть синусоидального напряжения).
2. Переключатель режимов работы $П_1$ установить в положение «выкл.».
3. Подключить кабель питания к прибору и к сети.

4. Подключить смесительную измерительную головку того диапазона, в котором будет измеряться частота (диапазон определяется по размерам сечения соединительного волновода или типу соединительного коаксиального кабеля). Вторым концом смесительную головку подключить к генератору измеряемой частоты.

5. Ввести (до максимального значения) затухание выходного аттенюатора исследуемого генератора или аттенюатора смесительной головки прибора, чтобы в режиме калибровки измеряемый сигнал не поступал на детектор смесительной головки.

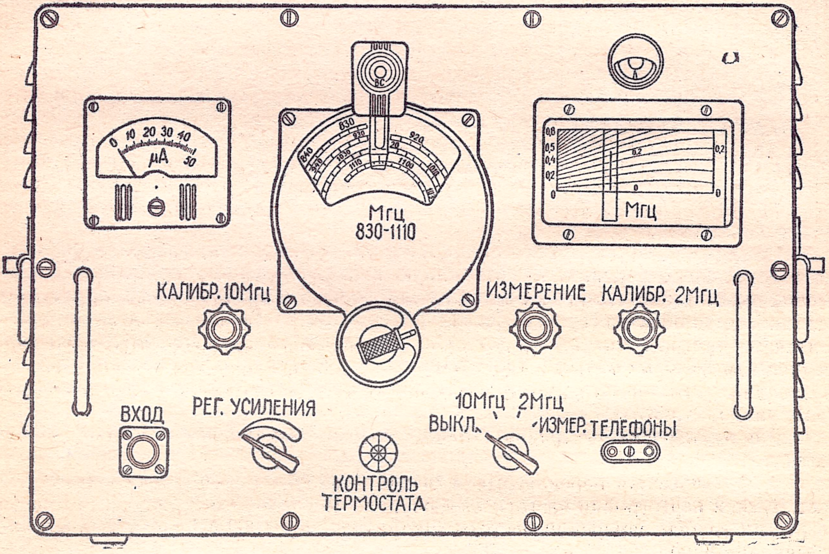


Рис. 114. Вид передней панели прибора Ч4-5.

6. Установить переключатель режимов работы в положение «10 Мгц» и оставить прибор включенным в течение одного часа. Это необходимо для его прогрева и установления в термостате нулевого баланса (только в этом случае прибор будет обеспечивать необходимые точность калибровки и стабильность частоты гетеродина).

Измерение частоты

Процесс измерения частоты прибором Ч4-5 состоит из четырех операций:
калибровки гетеродина перед грубым измерением частоты;
грубого определения измеряемой частоты;
калибровки гетеродина перед точным измерением частоты;
точного определения измеряемой частоты.

Для калибровки гетеродина перед грубым измерением частоты необходимо:

1. После прогрева прибора в течение одного часа (переключатель режимов работы установлен в положение «10 Мгц») ручкой «измерение» установить шкалу 2 МГц в нулевое положение.

2. Ручкой перестройки частоты гетеродина установить шкалу гетеродина в положение 1,110 ГГц.

3. Ручкой «калибр. 10 Мгц» подстроить частоту гетеродина до получения

нулевых биений, контролируемых при помощи телефонов или визуального индикатора.

4. Последовательно перестраивая частоту гетеродина ручкой перестройки, проверить наличие нулевых биений, соответствующих значениям 830, 840, 850, ..., 1100 и 1110 МГц шкалы гетеродина.

После этого следует приступить к грубому измерению частоты.

Для грубого определения измеряемой частоты необходимо:

1. Переключатель режимов работы установить в положение «измер.».

2. Вывести затухание аттенюатора смесительной головки для обеспечения прохождения сигнала измеряемой частоты к детектору смесительной головки.

3. Ручкой перестройки частоты («Мгц 830—1100») произвести плавную перестройку частоты гетеродина по всему диапазону частот и отметить значения частот гетеродина, при которых наблюдались нулевые биения.

4. По графикам нулевых биений (графики придаются к прибору) установить значение измеряемой частоты. Полученное значение является грубо определенным значением измеряемой частоты.

Пример. Нулевые биения наблюдались при частотах гетеродина 900 и 1000 МГц. По графику нулевых биений устанавливаем, что этим значениям частоты гетеродина соответствует только одно значение измеряемой частоты, а именно 9000 МГц, которая дает нулевые биения с 10-й гармоникой частоты 900 МГц и 9-й гармоникой частоты 1000 МГц.

Примечание. На низкочастотном участке диапазона измеряемых частот (до частоты 5750 МГц) грубое измерение частоты описанным выше методом во всех точках невозможно. Поэтому на этих частотах грубое определение частоты производится без применения прибора Ч4-5. Однако и в этом случае по графику нулевых биений определяют по уже ориентировочно известному значению измеряемой частоты номер гармоники и ориентировочное значение частоты гетеродина, что необходимо для последующего определения точного значения измеряемой частоты.

Для калибровки гетеродина перед точным измерением частоты необходимо:

1. В положении переключателя режимов работы «измер.» настроить гетеродин ручкой перестройки частоты на любую из частот нулевых биений, определенных при грубом измерении частоты (например, на 1000 МГц — в приведенном выше примере).

Сделать 3-минутную паузу для установления режима работы гетеродина на этой частоте.

2. Установить переключатель режимов работы в положение «10 Мгц».

3. Ручкой «калибр. 10 Мгц» подстроить гетеродин в 10-мегагерцной точке, ближайшей к точке нулевых биений с измеряемым сигналом (в данном примере в точке 1000 МГц).

4. Установить переключатель в положение «2 Мгц». Изменяя частоту гетеродина ручкой в районе подстроенной точки, проверить наличие калибрационных точек, следующих через каждые 2 МГц.

5. Установить переключатель в положение «измер.». Определить отрезок шкалы между двумя 2-мегагерцными точками, в котором слышны нулевые биения с измеряемой частотой.

6. Вновь установить переключатель в положение «2Мгц» и ручкой настроить гетеродин на граничную точку (нулевых биений) найденного 2-мегагерцного отрезка шкалы, имеющую меньшее значение частоты гетеродина.

Ручкой «измерение» добиться нулевых биений следующей 2-мегагерцной точки гетеродина, которая должна соответствовать концу шкалы барабана (2МГц). В этом положении шкалы визир, связанный с ручкой «калибр. 2 Мгц», перемещается вдоль оси шкалы барабана до совмещения двух взаимоперпендикулярных рисок визира с наклонной 2-мегагерцной линией шкалы барабана.

После выбора и калибровки нужной шкалы барабана следует переходить к точному измерению частоты исследуемого сигнала.

Для точного определения частоты необходимо:

1. Переключатель режимов работы установить в положение «измер.».

2. Ручкой «измерение», связанной с точной шкалой (барабана), перестроить гетеродин до получения нулевых биений с измеряемым сигналом. Отсчитать частоту гетеродина по основной шкале и поправки к ней по 2-мегагерцной шкале.

3. Полученное значение частоты гетеродина (отсчет по основной шкале плюс поправка) умножить на номер гармоники частоты гетеродина, определенный при грубом измерении. Результат умножения является искомым точным значением измеряемой частоты.

Так, например, отсчитанные значения составляют: по основной шкале 998 МГц, по точной шкале 0,95 МГц. Частота настройки гетеродина равна

$$(998 + 0{,}95) \times 9\text{-й номер гармоники} = 8990{,}55 \text{ МГц}.$$

Таким образом, для данного примера значение измеряемой частоты, определенное грубым методом, составляло 9000 МГц, а точным значением измеряемой частоты следует считать 8990,6 МГц. Шестую значащую цифру результата измерения следует отбрасывать по правилам приближенных вычислений, так как суммарная относительная погрешность измерения частоты прибором составляет $5 \cdot 10^{-5}$.

ГЛАВА VII

ПРИБОРЫ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМЫ СИГНАЛА И СПЕКТРА

(подгруппа С)

Подгруппа С составлена из приборов различного назначения: осциллографов, модулометров, девиометров, анализаторов спектра и измерителей коэффициента нелинейных искажений.

Благодаря своей универсальности особенно широко распространен осциллограф. При всем многообразии существующих типов осциллографов их структурные схемы, в основном, одинаковы (рис. 122, 125, 128). Они состоят из электроннолучевой трубки (ЭЛТ) с электростатическим управлением луча, двух каналов Y и X, по которым поступают к ЭЛТ напряжения для вертикального и горизонтального отклонения луча, измерительных блоков и блока источника питания.

Осциллографы характеризуются следующими основными техническими параметрами: размером экрана ЭЛТ, чувствительностью каналов S_{OY} и S_{OX}, полосой пропускания каналов, входным сопротивлением и входной емкостью, видами разверток, погрешностью измерения амплитуд напряжения, погрешностью измерения временных интервалов.

При электронном управлении лучом ЭЛТ отклонение его на экране пропорционально приложенному к входу «Y» (или пластинам Y) напряжению U_Y и чувствительности осциллографа по вертикальной оси S_{OY} (или чувствительности ЭЛТ S_Y). Это обстоятельство позволяет использовать осциллограф в качестве вольтметра, измеряющего амплитудные (импульсные) значения напряжения. Для этой цели необходимо проградуировать осциллограф по эталонному вольтметру синусоидальным напряжением U_Y при различных его значениях и различных величинах чувствительности осциллографа S_{OY}, величина которой зависит от положения регулятора усиления канала Y.

Для определения напряжения синусоидального сигнала необходимо:

1. Подать исследуемый синусоидальный сигнал на вход «Y» усилителя вертикального отклонения.

2. Входным аттенюатором и ручкой вертикального усиления установить на экране ЭЛТ вертикальную линию нужных размеров.

3. Отсчитать величину установленного изображения (a_Y) по масштабной сетке, наложенной на экран трубки.

4. Запомнить положение входного аттенюатора (d). Ручку «верт. усилен.» до конца измерений не сдвигать.

5. Подключить вместо исследуемого напряжения калиброванное напряжение ($U_{эт}$) промышленной частоты 50 Гц и входным аттенюатором ($d_{эт}$) установить на экране линию нужных размеров ($a_{эт}$). Ручку вертикального усиления не трогать. Тогда чувствительность осциллографа

$$S_{OY} = \frac{a_{эт}}{2\sqrt{2}U_{эт}} d_{эт}, \quad \frac{\text{мм}}{\text{В}}.$$

6. Напряжение исследуемого сигнала

$$U_Y = \frac{a_Y}{2\sqrt{2}S_{OY}} d_Y, \text{ В}.$$

Для определения длительности импульса необходимо:

1. Включить тумблер «метки» — на импульсе появятся калибрационные метки в виде ярких черточек и темных промежутков между ними.

2. Отрегулировать яркость и фокус так, чтобы изображение с наложенными на него метками было четким.

3. Определить длительность импульса умножением числа меток, уложившихся на исследуемом импульсе, на цену метки.

Для измерения частоты исследуемого сигнала необходимо иметь дополнительно генератор образцовой частоты — любой измерительный генератор Г3-1, Г4-1А и др. Погрешность измерения частоты в данном случае определяется погрешностью установки эталонной частоты в дополнительном генераторе.

Для измерения частоты необходимо:

1. Подвести напряжение исследуемого сигнала к входным клеммам «*X*», а напряжение образцовой частоты — от вспомогательного генератора к входным клеммам «*Y*» (напряжение можно подать и непосредственно на соответствующие электроды трубки).

2. Отрегулировать величины напряжений таким образом, чтобы на экране осциллографа получилось удобное для наблюдения изображение (удобнее, если световое изображение заполняет площадь экрана в виде квадрата).

3. Изменяя частоту напряжения от вспомогательного генератора, получить на экране осциллографа простейшую замкнутую фигуру Лиссажу (рис. 115).

Для определения частоты исследуемого сигнала по фигуре Лиссажу следует пересечь ее горизонтальной «*Y*» и вертикальной «*X*» прямыми и подсчитать число пересечений этих прямых с фигурой (рис. 116). Прямые *Y* и *X* не должны проходить через узлы фигуры. Отношение числа пересечений с горизонтальной и вертикальной линиями равно отношению частот подведенных напряжений. По отношению числа пересечений и по известной частоте напряжения вспомогательного генератора определяется частота исследуемого сигнала.

Например, если частота напряжения на входе XF_X=300 Гц, частота исследуемого сигнала на входе $YF_c = F_Y$, то по изображению (рис. 116) частота колебаний исследуемого напряжения определится из соотношения

$$\frac{F_X}{F_Y} = \frac{4}{6},$$

откуда

$$F_Y = \frac{6}{4} F_X = \frac{6}{4} \cdot 300 = 450 \text{ Гц}.$$

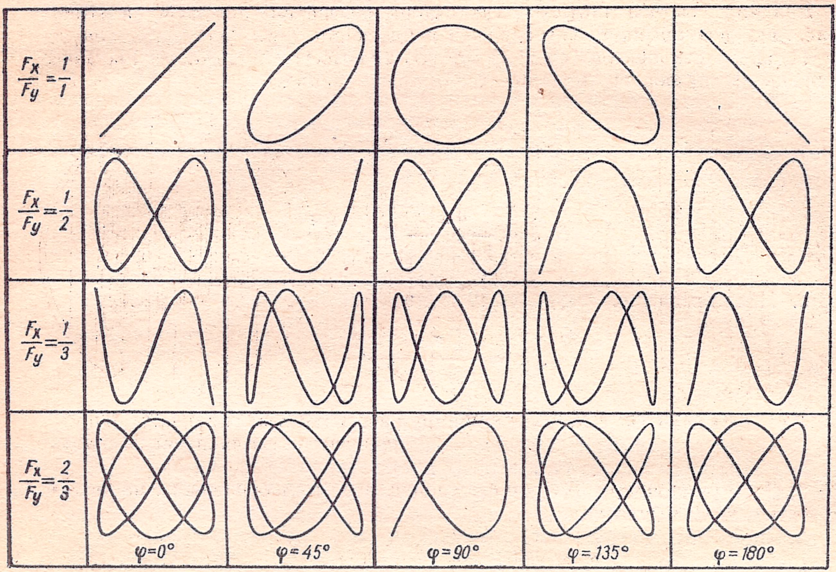


Рис. 115. Простейшие фигуры Лиссажу при различных соотношениях частот.

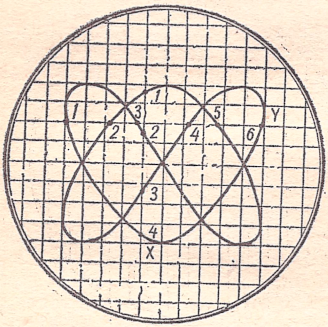


Рис. 116. Способ определения кратности частот.

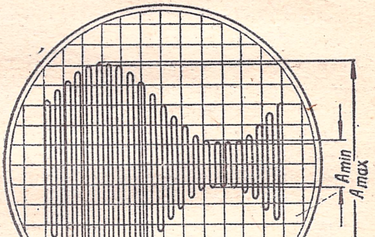


Рис. 117. Изображение АМ-колебания при развертке пилообразным напряжением.

Примечание. Чтобы получить значение измеряемой частоты без расчетов, следует изменять частоту напряжения вспомогательного генератора до тех пор, пока на экране осциллографа получится изображение в виде окружности или эллипса. В этом случае частота исследуемого сигнала равна частоте сигнала вспомогательного генератора.

Для измерения коэффициента модуляции необходимо:

1. Подвести напряжение исследуемого сигнала к входу *Y* (лучше непосредственно на отклоняющие электроды трубки).

2. Ручками «частота плавно» и «диапазоны развертки» получить на экране осциллографа изображение, удобное для наблюдений (рис. 117). Для получения устойчивого изображения следует при необходимости использовать внешнюю синхронизацию развертки модулирующим напряжением.

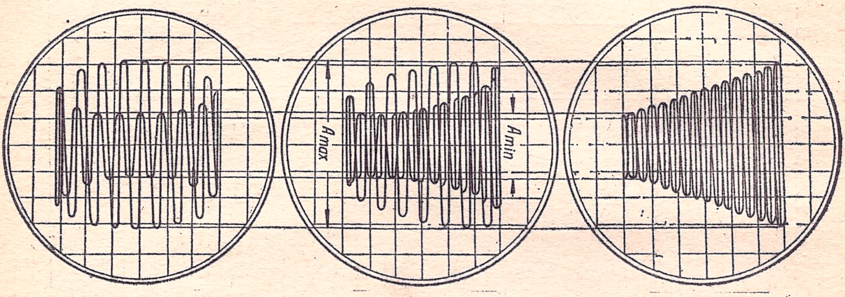


Рис. 118. Изображение АМ-колебания при развертке модулирующим напряжением (с различными фазами).

Значение коэффициента модуляции в процентах по изображению на экране определяется из соотношения

$$m = \frac{A_{\text{max}} - A_{\text{min}}}{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}} \cdot 100\%.$$

Если напряжением развертки является модулирующее напряжение, то изображение на экране осциллографа будет иметь вид, показанный на рис. 118.

При этом коэффициент модуляции определяется аналогично предыдущему.

Для измерения сдвига фаз двух синусоидальных напряжений необходимо:

1. Подвести исследуемые напряжения: одно—к пластинам X, другое — к пластинам Y (при подаче напряжений через усилители осциллографа погрешность измерения увеличивается).

2. Отрегулировать величины напряжений так, чтобы на экране осциллографа получились одинаковые отклонения луча по оси X и Y, т. е. изображение прямой линии, эллипса или окружности.

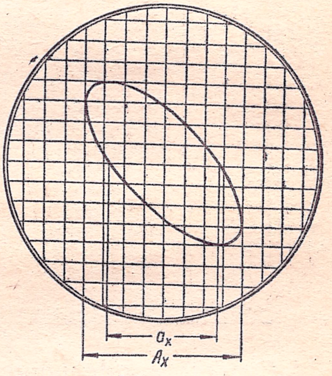


Рис. 119. Определение сдвига фаз (по положению эллипса).

Если изображение имеет вид прямой линии, то сдвиг фаз между исследуемыми колебаниями равен 0 или 180°.

Если изображение имеет вид окружности (или эллипса с осями, параллельными осям осциллографа), то сдвиг фаз составляет 90°.

При изображении эллипса (рис. 119) с наклонными осями сдвиг фаз определяется из размеров изображения

$$\sin \varphi = \frac{a_X}{A_X}.$$

Основные характеристики приборов для наблюдения, измерения и исследования формы сигнала и спектра (осциллографы) приведены в табл. 57.

57. Приборы для наблюдения, измерения и исследования формы сигналов и спектра (осциллографы)

Тип прибора	Усилитель вертикального отклонения луча по Y		Развертка по X
	Диапазон частот	Чувствительность S_{OY}, мм/В	
С1-1	2 Гц—250 кГц	800	2 Гц—50 кГц
С1-2	30 Гц—5 МГц	125	10 Гц—100 кГц 2—250 мкс
С1-3	20 Гц—6 МГц	150	1—700 мкс
С1-4	До 10^6 Гц	300	0,1—10000 Гц 1 мкс—10 с
С1-5	10 Гц—10 МГц	250	10 Гц—200 кГц 1—3000 мкс
С1-6	30 Гц—1 МГц	1,7	30 Гц—10 кГц 1,5—500 мкс
С1-7	30 Гц—60 МГц	60	10 Гц—1 МГц
С1-9А	20 Гц—5 МГц	250—600	0,1 Гц—1 МГц
С1-10	До 1100 МГц	0,2	0,01—1 мкс
С1-11	10 кГц—200 МГц	120	2,5—20 мкс
С1-12	До 20 МГц	100	До 2 МГц 0,05—500 мкс
С1-13	1 Гц—20 МГц	100	0,5—10^6 мкс
С1-14	До 3 Гц	0,2	10—500 нс
С1-15	0,1—2 · 10^6 Гц	200	0,1 Гц—2 МГц 0,2—10 мкс
С1-16	До 5 МГц	500	0,2—10^4 мкс
С1-17	До 5 МГц	100	0,1—5 · 10^5 мкс
С1-18	До 1 МГц	10^5—0,5	1—5 · 10^7 мкс
С1-19	До 1 МГц	5000	1—10^6 мкс
С1-20	10 Гц—20 МГц	1000	0,025—10^4 мкс
С1-21	До 200 МГц	200	3—100 нс
С1-22	До 5 МГц	60	0,5—5 · 10^5 мкс
С1-31	До 100 МГц	100	10—5 · 10^8 нс
С1-34	До 5 МГц	50	0,2—2 · 10^4 мкс

ОСЦИЛЛОГРАФЫ УНИВЕРСАЛЬНЫЕ

Осциллограф универсальный С1-1

Предназначен для исследования формы электрических периодических сигналов и формы импульсов с длительностью не менее 25 мкс и скважностью не более 10, а также для измерения величины тока, напряжения, фазы, частоты и коэффициента модуляции амплитудно-модулированного сигнала.

Основные технические характеристики

Электронный осциллограф имеет следующие характеристики:

1) наибольшую чувствительность по оси Y 800 мм/В, по оси X 13 мм/В;
2) коэффициент ослабления входного аттенюатора 1/1, 1/10, 1/100;

3) входное сопротивление с параллельно включенной емкостью до 30 пФ канала сигнала 2 МОм, канала развертки 5 МОм;

4) питание от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127 и 220 В.

В приборе имеется три системы синхронизации: внутренняя — исследуемым сигналом, от сети и внешняя — от внешнего источника.

Электроннолучевая трубка (ЭЛТ) 13ЛО37 осциллографа имеет следующие данные:

чувствительность по оси Y 0,43 мм/В, по оси X 0,37 мм/В;
входная емкость пластин Y 3,5 пФ, пластин X 3,5 пФ.

С помощью специальной панели, находящейся на задней стенке осциллографа, можно подавать исследуемые напряжения непосредственно на пластины Y и X ЭЛТ.

Характеристики усилителя канала сигнала (вертикального отклонения электронного луча):

Наибольший коэффициент усиления	около 1800
Неравномерность частотной характеристики в диапазоне частот от 2 Гц до 250 кГц	до ±1 дБ
Завал характеристики на частоте 500 кГц	до 6 дБ (50%)
Входное сопротивление с параллельно включенной емкостью до 30 пФ	2 МОм

Характеристики усиления канала развертки (горизонтального отклонения электронного луча):

Наибольший коэффициент усиления	около 35
Неравномерность частотной характеристики в диапазоне частот от 2 Гц до 200 кГц	±1 дБ
Завал характеристики на частоте 300 кГц	до 6 дБ (50%)
Входное сопротивление с параллельно включенной емкостью до 30 пФ	5 МОм

В генераторе пилообразного напряжения вырабатывается линейно меняющееся во времени напряжение, необходимое для непрерывной развертки, частота пилообразного напряжения может быть установлена от 2 Гц до 50 кГц, частота генератора синхронизируется, нелинейность развертки не превышает ±5%.

Схема осциллографа

Принципиальная схема осциллографа (рис. 120) состоит из электроннолучевой трубки с элементами электростатического управления лучом (яркостью, фокусировкой, перемещением вверх — вниз и влево — вправо); усилителя вертикального отклонения с входным ступенчатым аттенюатором (ослабителем); усилителя горизонтального отклонения; генератора пилообразного напряжения непрерывной развертки; выпрямителя с электронным стабилизатором напряжения.

Электроннолучевая трубка (ЭЛТ) с электрическим управлением луча. Питание электронной пушки, регулировка яркости и фокусировка изображения осуществляется напряжениями, снимаемыми с потенциометра R_{29} — R_{32}. Яркость регулируется напряжением, снимаемым с движка потенциометра R_{29}, ручка которого на передней панели обозначена «яркость», а фокусировка — с движка потенциометра R_{31} — ручка «фокус».

Для затемнения экрана (запирания ЭЛТ) служит переключатель $П_5$ «луч», которым можно выключать луч при перерывах в работе, поддерживая осциллограф в рабочем состоянии.

Переключение катода с движка R_{29} на другую позицию общего потенциометра значительно увеличивает отрицательное смещение на модулирующем электроде трубки.

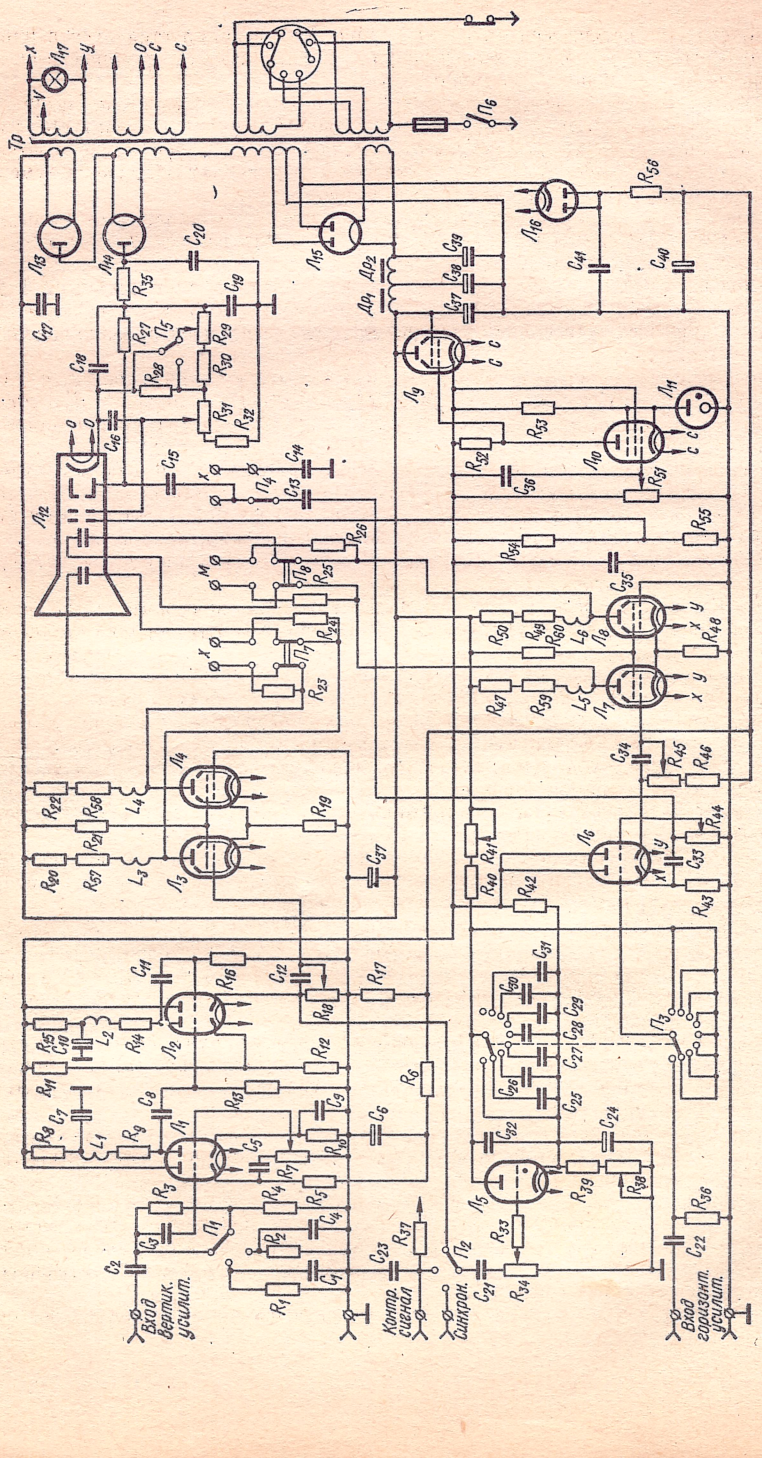

Вход вертик. усилит.
Контр. сигнал
Синхрон.
Вход горизонт. усилит.
Тр
Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Л7
Л8
Л9
Л10
Л11
Л12
Л13
Л14
Л15
Л16
Л17
Др1
Др2
П1
П2
П3
П4
П5
П6
П7
П8

Рис. 120. Принципиальная схема прибора С1-1.

Положение светящегося пятна на экране ЭЛТ регулируется по вертикали потенциометром R_{18} — ручка «ось Y вверх — вниз» и зависит от разности потенциалов на отклоняющих пластинах.

Положение пятна в центре экрана ЭЛТ обеспечивается равенствами потенциалов между анодами ламп $Л_3$ и $Л_4$, с одной стороны, и $Л_7$ и $Л_8$ — с другой. Изменение потенциала анода лампы $Л_3$ относительно анода $Л_4$ перемещает световое пятно либо вверх, либо вниз. Это достигается изменением напряжения смещения на сетке лампы $Л_3$, снимаемого с потенциометра R_{18}.

Точно так же потенциометром R_{45} можно изменить напряжение смещения на лампе $Л_7$. Тем самым изменяется потенциал анода лампы $Л_7$ относительно (анода) $Л_8$ — ручка «ось X влево — вправо».

Усилитель вертикального отклонения (УВО) представляет собой видеоусилитель с несимметричным входом и симметричным выходом. На входе усилителя имеется трехступенчатый аттенюатор напряжения — ручка «ослабление».

Первый каскад собран на лампе $Л_1$, левый триод которой работает в схеме катодного повторителя, правый — является усилителем с анодной нагрузкой. В этом каскаде плавная регулировка усилителя осуществляется потенциометром R_7 — ручка «усиление».

Второй каскад собран на лампе $Л_2$, левый триод которой работает в схеме усилителя с анодной нагрузкой, правый — в схеме катодного повторителя.

Третий каскад собран на лампах $Л_3$ и $Л_4$ по парафазной схеме с симметричным выходом на пластины вертикального отклонения электронного луча.

Усилитель горизонтального отклонения (УГО) состоит из двух каскадов.

Первый каскад представляет собой два катодных повторителя на лампе $Л_6$ с усилением, плавно регулируемым потенциометром R_{44} — ручка «усиление» (правая).

Второй каскад собран на лампах $Л_7$ и $Л_8$ по парафазной схеме с симметричным выходом на пластины горизонтального отклонения электронного луча.

Вход усилителя подключен к генератору пилообразного напряжения и отключается от него переключателем $П_3$ в положении «выкл.» — ручка «диапазоны частот». При этом вход усилителя горизонтального отклонения подключается к клеммам «вход — земля» (правые).

Генератор пилообразного напряжения непрерывной развертки работает на тиратроне $Л_5$ в схеме с цепочкой RC (R_{38} — R_{41} и C_{25} — C_{31}).

Частота пилообразного напряжения зависит от постоянной времени RC и от величины напряжения на конденсаторе при заряде. При этом напряжение источника и напряжение гашения тиратрона считаются неизменными.

Генератор развертки генерирует колебания частотой от 2 до 50000 Гц. Этот частотный диапазон разбит на 8 поддиапазонов. Каждому поддиапазону соответствует определенная величина емкости конденсатора C_{25} — C_{31}. Частота развертки плавно регулируется изменением сопротивления R_{41} — ручка «частота плавно».

Частоту автоколебаний генератора пилообразного напряжения можно синхронизировать, подавая различное напряжение на сетку тиратрона через потенциометрический делитель синхронизирующего напряжения R_{34} — ручка «амплитуда синхронизации».

Для использования различных видов синхронизирующего напряжения применен переключатель синхронизации $П_2$ — ручка «синхронизация» («внутр.», «от сети» и «внешн.»).

Выпрямитель с электронным стабилизатором напряжения. Осциллограф С1-1 питается от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127 или 220 В, потребляемая мощность около 120 Вт. Блок питания состоит из трех отдельных выпрямителей с фильтрами, питающихся от одного силового трансформатора.

Электроннолучевая трубка питается от двух однополупериодных высоко-

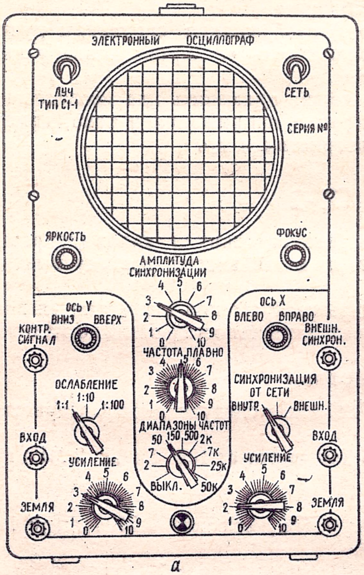
58. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С1-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,25	240 кОм	R_{55}	ВС-0,5	180 кОм
R_2	ВС-0,25	20 кОм	R_{56}	ВС-2	68 кОм
R_3, R_4	ВС-0,5	2 МОм	R_{57}—R_{60}	ВС-1	4,3 кОм
R_5	ВС-0,5	56 кОм	C_1	КСО-2	150 пФ
R_6	ВС-0,5	150 кОм	C_2	КБГ-МП-2В	0,25 мкФ
R_7	ВС-0,5	50 кОм	C_3	КТК-1-М	18 пФ
R_8	ВС-1	22 кОм	C_4	КСО-5	1800 пФ
R_9	ВС-1	8,2 кОм	C_5	КБГ-МН	4 мкФ
R_{10}	ВС-0,5	270 Ом	C_6, C_7	КЭ-1а-М	20 мкФ
R_{11}	ВС-1	56 кОм	C_8	КБГ-МП-2Б	0,5 мкФ
R_{12}	ВС-0,5	1 МОм	C_9	КСО-5	4700 пФ
R_{13}	ВС-0,5	270 Ом	C_{10}	КЭ-1а-М	20 мкФ
R_{14}	ВС-1	8,2 кОм	C_{11}	КБГ-МП-2Б	0,5 мкФ
R_{15}	ВС-1	22 кОм	C_{12}	КСО-5	4700 пФ
R_{16}	ВС-0,5	1 МОм	C_{13}	КТК-2-М	56 пФ
R_{17}	ВС-0,5	270 кОм	C_{14}	КБГ-М2	0,25 мкФ
R_{18}	ВК-0,5	20 кОм	C_{15}	КСО-8	6200 пФ
R_{19}	ВС-0,5	390 Ом	C_{16}	КБГ-МП-3Б	2×0,1 мкФ
R_{20}	ПО-20	20 кОм	C_{17}	КБГ-МП-2Б	0,1 мкФ
R_{21}	ВС-1	150 кОм	C_{18}	КБГ-МП-2Б	0,2 мкФ
R_{22}	ПО-20	2 кОм	C_{19}, C_{20}	КБГ-МН-3а	0,5 мкФ
R_{23}—R_{26}	ВС-0,5	560 кОм	C_{21}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{27}	ВС-0,5	100 кОм	C_{22}	КБГ-МП-2Б	0,25 мкФ
R_{28}	ВС-0,5	1 МОм	C_{23}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{29}	СП-I-1-А	47 кОм	C_{24}	КЭ-1а-М	20 мкФ
R_{30}	ВС-0,5	220 кОм	C_{25}	КБГ-МП-2В	1 мкФ
R_{31}	СП-I-1-А	220 кОм	C_{26}	КБГ-МП-2Б	0,25 мкФ
R_{32}, R_{33}	ВС-1	470 кОм	C_{27}	КБГ-И	40000 пФ
R_{34}	ВК-0,5	100 кОм	C_{28}	КСО-5	10000 пФ
R_{35}	ВС-0,25	10 кОм	C_{29}	КСО-5	2400 пФ
R_{36}	ВС-0,5	5,6 МОм	C_{30}	КСО-2	620 пФ
R_{37}	ВС-0,25	22 кОм	C_{31}	КСО-2	100 пФ
R_{38}	СП-II-1-А	1,5 кОм	C_{32}	КТК-1-М	39 пФ
R_{39}	ВС-0,5	1 кОм	C_{33}	КБГ-МН	4 мкФ
R_{40}	ВС-0,5	750 кОм	C_{34}	КСО-5	4700 пФ
R_{41}	ВК-0,5	3,6 МОм	C_{35}, C_{36}	КБГ-МП-2Б	1 мкФ
R_{42}	ВС-2	39 кОм	C_{37}, C_{38}	КЭ-2М	20 мкФ
R_{43}	ВС-0,5	220 кОм	C_{39}	КБГ-МН	1 мкФ
R_{44}	ВК-0,5	500 кОм	C_{40}	КЭ-2М	20 мкФ
R_{45}	ВК-0,5	20 кОм	C_{41}	КБГ-МН	1 мкФ
R_{46}	ВС-0,5	270 кОм	L_1—L_4	—	3000 мкГ
R_{47}	ПО-20	20 кОм	L_5, L_6	—	16000 мкГ
R_{48}	ВС-0,5	390 Ом	$Др_1$, $Др_2$	—	8 Г
R_{49}	ВС-1	150 кОм	$Л_1$, $Л_2$	6Н8С	—
R_{50}	ПО-20	20 кОм	$Л_3$, $Л_4$	6П6С	—
R_{51}	СП-II-1-А	470 кОм	$Л_5$	ТГИ-0,1/0,3	—
R_{52}	ВС-0,5	560 кОм	$Л_6$	6Н8С	—
R_{53}	ВС-2	8,2 кОм	$Л_7$ $Л_8$	6П6С	—
R_{54}	ВС-0,25	36 кОм			

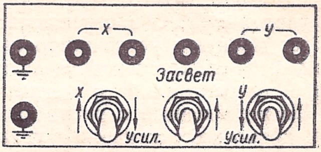
Продолжение табл. 58

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
$Л_9$	6П3С	—	$Л_{13}$, $Л_{14}$	2Ц2С	—
$Л_{10}$	6Ж8	—	$Л_{15}$	5Ц4С	—
$Л_{11}$	СГ3С	—	$Л_{16}$	6Ц5С	—
$Л_{12}$	13ЛО37	—	$Л_{17}$	МН-16	13,5 В; 0,18 А

вольтных выпрямителей, работающих на лампах $Л_{13}$, $Л_{14}$. Часть выпрямителя, работающего на лампе $Л_{14}$, питает электронную пушку ЭЛТ общим напряжением 1000 В; вторая часть — на лампе $Л_{13}$ — питает третий анод ЭЛТ напряжением 1500 В. Таким образом, напряжение между катодом и третьим анодом составляет 2,5 кВ.


ЭЛЕКТРОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ
ЛУЧ
ТИП С1-1
СЕТЬ
СЕРИЯ №
ЯРКОСТЬ
ФОКУС
АМПЛИТУДА СИНХРОНИЗАЦИИ
ОСЬ Y
ВНИЗ
ВВЕРХ
ОСЬ X
ВЛЕВО
ВПРАВО
КОНТР. СИГНАЛ
ВНЕШН. СИНХРОН.
ЧАСТОТА ПЛАВНО
ОСЛАБЛЕНИЕ
1:1
1:10
1:100
СИНХРОНИЗАЦИЯ ОТ СЕТИ
ВНУТР.
ВНЕШН.
ДИАПАЗОНЫ ЧАСТОТ
ВЫКЛ.
2
7
50
150
500
2К
7К
25К
50К
ВХОД
УСИЛЕНИЕ
ЗЕМЛЯ
ВХОД
УСИЛЕНИЕ
ЗЕМЛЯ

а


x
y
Засвет
x
усил.
y
усил.

б

Рис. 121. Вид панелей прибора С1-1: *а* — передней; *б* — задней.

Выпрямитель на лампе $Л_{15}$ через двухзвенный индуктивно-емкостный фильтр $Др_1$, $Др_2$, $С_{38}$, $С_{39}$ питает парафазные усилители, генератор развертки и подает напряжение около 300 В на электронный стабилизатор напряжения, работающий на лампах $Л_9$, $Л_{10}$ и $Л_{11}$.

Однополупериодный выпрямитель, работающий на лампе $Л_{16}$, питает катодные повторители УВО и УГО напряжением около 300 В.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С1-1 приведена в табл. 58.

Подготовка осциллографа к работе

Все элементы управления осциллографом выведены на переднюю (рис. 121, *а*) и заднюю (рис. 121, *б*) панели.

Для подготовки осциллографа к работе необходимо:

1. Проверить соответствие положения переключателя сети величине питающего напряжения (переключатель сети находится в нижней части задней стенки прибора).
2. Проверить подключение усилителей УГО и УВО к пластинам электроннолучевой трубки (переключатели находятся на задней панели).
3. Поставить переключатель «луч» на передней панели в положение включено.
4. Установить переключатель «диапазоны частот» в положение «50—150».

5. Подключить кабель питания к сети.

6. Включить питание переключателем сети (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прогреться прибору в течение 1—2 мин.

7. Установить необходимую яркость свечения линии развертки ручкой «яркость».

8. Установить четкое изображение линии развертки ручкой «фокус».

9. Установить линию развертки в центр экрана ручками «вверх — вниз» и «влево — вправо».

10. Установить длину линии развертки 0,7 — 0,9 диаметра экрана ЭЛТ ручкой «усиление» (правая).

Примечание. Нельзя допускать на экране ЭЛТ ярко светящейся неподвижной точки. Продолжительное действие интенсивного, резко сфокусированного, электронного пучка в виде неподвижной точки вызывает выгорание экрана, поэтому желательно использовать возможно меньшие яркости пятна, допустимые условиями работы.

11. Соединить проводником клемму «контр. сигнал» с клеммой «вход» УВО.

12. Установить удобные для наблюдения размеры изображения регулировкой усиления УВО и переключателем «ослабление».

13. Добиться устойчивого (неподвижного) изображения синусоиды ручкой «амплитуда синхронизации», поставив переключатель «синхронизация» в положение «от сети» (либо в положение «внутр.»).

Подготовленный к работе осциллограф можно применять для исследования форм кривых электрических сигналов, измерения напряжения и тока, измерения частоты, снятия вольт-амперных характеристик и др.

Осциллограф универсальный С1-2

Предназначен для исследования формы электрических сигналов (непрерывных и импульсных), измерения амплитуды и длительности исследуемых сигналов.

На экране прибора С1-2 можно наблюдать изображения непрерывных колебаний с частотой от 30 Гц до 1 МГц и импульсов длительностью от 0,2 до 3000 мкс.

Основные технические характеристики

Усилитель вертикального отклонения УВО имеет следующие характеристики:

1) полосу частот от 30 Гц до 5 МГц;

2) частотные искажения не более ±1 дБ для частот от 100 Гц до 2 МГц и не более 2 дБ для частот от 2 Гц до 5 МГц;

3) сопротивление входа:

без выносного делителя низкое 75 Ом ± 5%, высокое 0,51 Мом ± 10% с параллельной емкостью не более 35 пФ;

с выносным делителем не менее 5 МОм с параллельной емкостью 15 пФ;

4) вход рассчитан на напряжения:

без выносного делителя при низком входном сопротивлении 0,1—1 В, при высоком 0,1—100 В, с выносным делителем 1—500 В.

В осциллографе имеется три системы разверток:

1) непрерывная (пилообразная) с частотой от 10 Гц до 100 кГц;

2) ждущая с продолжительностью 2, 10, 50 и 250 мкс;

3) от сети переменного тока.

В приборе имеется две системы синхронизации: внутренняя — исследуемым сигналом и внешняя — от внешнего источника.

Для устойчивой работы системы развертки необходимы напряжения:

при внутренней синхронизации 0,1 В (на входе УВО), при внешней 2—20 и 5—50 В (при непрерывной и ждущей развертке соответственно).

В осциллографе имеется регулируемая задержка развертки на время от 10 до 100 мкс.

Прибором можно измерять амплитуду исследуемого сигнала от 1 до 100 В с погрешностью не более ±10% и длительность импульсов при помощи калибрационных меток, лежащих через 0,1; 0,5; 2 и 10 мкс в соответствии с продолжительностью ждущей развертки. Погрешность измерения не более ±5%.

В осциллографе предусмотрена возможность подачи внешних сигналов непосредственно на пластины ЭЛТ.

Питание прибора от сети переменного тока частотой 400 и 50 Гц напряжением 115, 127, 220 В.

Схема прибора

Структурная схема осциллографа С1-2 (рис. 122) содержит канал сигнала, канал разверток и синхронизации, калибратор длительности импульсов, калибратор амплитуды, блок питания. Принципиальная схема прибора С1-2 приведена на рис. 123.

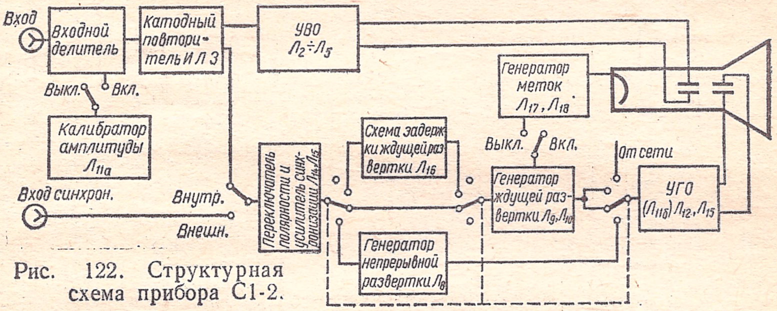

Вход
Входной делитель
Катодный повторитель и Л 3
УВО $Л_2 \div Л_5$
Выкл.
Вкл.
Калибратор амплитуды $Л_{11а}$
Вход синхрон.
Внутр.
Внешн.
Переключатель полярности и усилитель синхронизации $Л_{14}, Л_{15}$
Схема задержки ждущей развертки $Л_{16}$
Генератор непрерывной развертки $Л_8$
Генератор меток $Л_{17}, Л_{18}$
Выкл.
Вкл.
Генератор ждущей развертки $Л_9, Л_{10}$
От сети
УГО $(Л_{11б})\, Л_{12}, Л_{15}$

Рис. 122. Структурная схема прибора С1-2.

Канал сигнала состоит из входного делителя с переключателем сопротивления входа $П_1$, катодного повторителя, линии задержки исследуемого сигнала, второго делителя и усилителя вертикального отклонения луча.

Входной делитель образован сопротивлениями R_4, R_6 при делении в 10 раз и сопротивлениями R_5, R_7 — при делении в 100 раз. Параллельно сопротивлениям подключены конденсаторы C_4, C_6, C_7 и C_8 для частотной коррекции. Необходимый коэффициент деления устанавливается переключателем $П_1$, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «сопр. входа и ослабл.». В положении переключателя «калибр.» на вход усилителя вертикального отклонения подается напряжение калибровки с одной из обмоток силового трансформатора. Исследуемый сигнал подается на входной делитель через коаксиальное гнездо, обозначенное на передней панели «вход».

Катодный повторитель работает на лампе $Л_1$. В цепь катода этого каскада включена линия задержки, задерживающая сигнал, который подается на усилитель вертикального отклонения луча через второй делитель, на 0,3 мкс. Вместе с тем из анодной цепи промежуточного усилителя усиленный сигнал поступает через переключатели синхронизации на вход усилителя синхронизации.

Второй делитель образован сопротивлениями R_{14}, R_{40} при делении в 2 раза, сопротивлениями R_{15}, R_{35} — при делении в 5 раз и R_{16}, R_{32} — при делении в 10 раз. Необходимый коэффициент деления устанавливается переключателем $П_2$, ручка которого обозначена «ослабление».

Усилитель вертикального отклонения луча содержит три каскада. Первые два каскада работают на лампах $Л_2$ и $Л_3$, третий — на лампах $Л_4$, $Л_5$ по двухтактной схеме. Усиление плавно регулируется изменением напряжения сигнала, подаваемого на вход усилителя с потенциометра R_{12}, ручка которого обозначена «регулировка входного сигнала плавная».

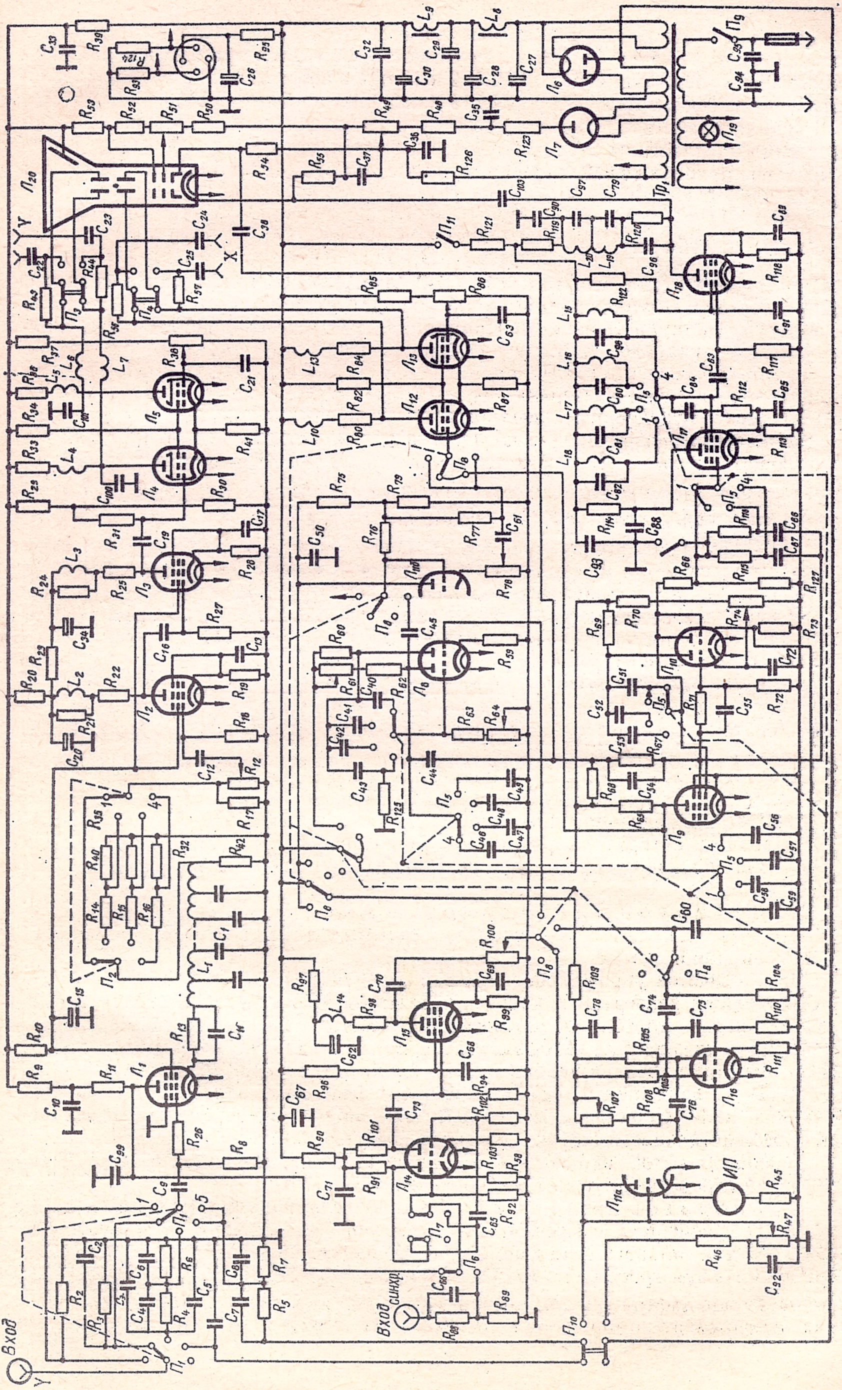

Вход
Y
Вход синхр
X
Y
ИП
Тр1
Л20
П1
П2
П3
П4
П5
П6
П7
П8
П9
П10
П11

Рис. 123. Принципиальная схема прибора С1-2.

Канал разверток и синхронизации состоит из генератора непрерывной (пилообразной) развертки, генератора ждущей развертки, схемы задержки развертки, усилителя развертки, переключателя полярности и усилителя синхронизации.

Генератор непрерывной развертки работает на лампе $Л_8$ по схеме несимметричного мультивибратора. Частота пилообразного напряжения регулируется плавно спаренными потенциометрами R_{61}, R_{64}, ручка которых обозначена «частота», и скачками переключателем $П_5$, ручка которого обозначена «диапазоны».

Генератор ждущей развертки работает на лампах $Л_9$ и $Л_{10}$. Продолжительность развертки изменяется переключателем $П_5$. При работе с задержкой генератор ждущей развертки запускается схемой задержки развертки, которая представляет собой запертый несимметричный мультивибратор, работающий на лампе $Л_{16}$. Длительность импульсов мультивибратора (время задержки) регулируется переменным сопротивлением R_{107}, ручка которого обозначена «задержка развертки».

Усилитель развертки работает на лампах $Л_{12}$ и $Л_{13}$ по двухтактной схеме. Напряжение ждущей развертки подается непосредственно на вход усилителя (через соответствующие переключатели). При непрерывной развертке и развертке от сети напряжение на вход усилителя подается через катодный повторитель, работающий на лампе $Л_{11б}$. В этом случае усиление плавно регулируется потенциометром R_{78}, ручка которого обозначена «усиление». Вид развертки устанавливается переключателем $П_8$, обозначенным «развертка».

Синхронизация работы генераторов разверток может быть внутренняя (от исследуемого сигнала) или внешняя (от внешнего источника). Необходимый вид синхронизации устанавливается переключателем $П_6$.

Работа генератора ждущей развертки синхронизируется импульсом отрицательной полярности. В схеме синхронизации предусмотрено переключение полярности синхронизирующих импульсов переключателем $П_7$, работающим на лампе $Л_{14}$. В зависимости от положения переключателя $П_7$ синхронизирующий импульс предварительно усиливается одним или двумя каскадами усилителя, а затем поступает на последующий каскад усилителя синхронизации, работающий на лампе $Л_{15}$.

Необходимая величина синхронизирующего напряжения устанавливается потенциометром R_{100}, ручка которого обозначена «усиление» (нижняя). При внутренней синхронизации синхронизирующее напряжение берется из анодной цепи катодного поторителя (лампа $Л_1$). При внешней синхронизации выход источника синхронизирующего напряжения подключается к коаксиальному гнезду «вход» (правое).

Калибратор длительности импульсов работает на лампах $Л_{17}$, $Л_{18}$. На лампе $Л_{17}$ работает транзитронный генератор с контуром в цепи экранной сетки.

При подаче на управляющую сетку лампы запускающего импульса от генератора ждущей развертки в контуре транзитронного генератора возбуждаются синусоидальные колебания, которые усиливаются каскадом, работающим на лампе $Л_{18}$, и подаются на катод электроннолучевой трубки. При этом луч модулируется по яркости и на экране трубки появляются характерные калибрационные метки. Расстояния между метками определяются параметрами контура. Величина калибрационных меток устанавливается одновременно с установкой продолжительности ждущей развертки переключателем $П_5$.

Генератор меток включается и выключается переключателем $П_{11}$, обозначенным на передней панели «калибровка длительности».

Калибратором амплитуды можно измерить амплитуду исследуемого сигнала сравнением ее с амплитудой известного напряжения, снимаемого с одной из обмоток силового трансформатора. Это напряжение измеряется внутренним ламповым вольтметром, работающим на лампе $Л_{11а}$ (диодом). Стрелочный прибор лампового вольтметра, шкала которого проградуирована в амплитудных значениях измеряемого напряжения, помещен на передней панели осциллографа.

59. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С1-2

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_2	ВС-0,25	75 Ом	R_{54}	ВС-0,25	680 кОм
R_3	ВС-0,25	629 кОм	R_{55}	ВС-0,25	56 кОм
R_4	ВС-0,25	459 кОм	R_{56}, R_{57}	ВС-0,25	2,7 кОм
R_5	ВС-0,25	505 кОм	R_{58}, R_{59}	ВС-0,5	470 Ом
R_6	ВС-0,25	51 кОм	R_{60}	ВС-1	22 кОм
R_7	ВС-0,25	5,1 кОм	R_{61}	СП-I-1-А	1 МОм
R_8	ВС-0,25	2,7 МОм	R_{62}, R_{63}	ВС-1	22 кОм
R_9, R_{10}	ВС-1	19,5 кОм	R_{64}	СП-I-1-А	1 МОм
R_{11}	ВС-1	2,7 кОм	R_{65}	ВС-0,5	430 кОм
R_{12}	СП-I-1-А	1 кОм	R_{66}	ВС-0,25	75 кОм
R_{13}	ВС-0,25	390 Ом	R_{67}	ВС-1	40 кОм
R_{14}	ВС-0,25	300 Ом	R_{68}	ВС-1	3,3 кОм
R_{15}	ВС-0,25	480 Ом	R_{69}, R_{70}	ВС-1	100 кОм
R_{16}	ВС-0,25	540 Ом	R_{71}	ВС-0,25	560 кОм
R_{17}	ВС-0,25	1,5 кОм	R_{72}, R_{73}	ВС-0,25	100 кОм
R_{18}	ВС-0,25	2,7 МОм	R_{74}	СП-I-1-А	10 кОм
R_{19}	ВС-0,5	100 Ом	R_{75}	ВС-0,5	1 МОм
R_{20}	ВС-1	7,2 кОм	R_{76}	ВС-0,25	10 МОм
R_{21}	ВС-0,25	330 Ом	R_{77}	ВС-0,5	4,7 МОм
R_{22}	ВС-1	2,4 кОм	R_{78}	СП-I-1-А	4,7 кОм
R_{23}	ВС-1	1,2 кОм	R_{79}	ВС-0,25	68 кОм
R_{24}	ВС-0,25	1 кОм	R_{80}	ВС-2	6,5 кОм
R_{25}	ВС-1	2,4 кОм	R_{82}	ВС-2	6,8 кОм
R_{26}	ВС-0,25	56 Ом	R_{84}	ВС-2	8,5 кОм
R_{27}	ВС-0,5	240 кОм	R_{85}	ВС-1	350 кОм
R_{28}	ВС-0,5	150 Ом	R_{86}	СП-I-1-А	100 кОм
R_{29}	ВС-0,5	1 МОм	R_{87}	ПО-10	700 Ом
R_{30}	ВС-0,25	150 кОм	R_{88}	ВС-0,25	220 кОм
R_{31}	ВС-0,25	1 кОм	R_{89}	ВС-0,25	22 кОм
R_{32}	ВС-0,25	66,6 Ом	R_{90}	ВС-2	12 кОм
R_{33}	ВС-2	2,4 кОм	R_{91}	ВС-1	1,2 кОм
R_{34}	ВС-1	2,7 кОм	R_{92}	ВС-0,25	1 МОм
R_{35}	ВС-0,25	150 Ом	R_{93}	ВС-0,25	68 Ом
R_{36}	ВС-2	2,4 кОм	R_{94}	ВС-0,25	560 кОм
R_{37}	ВС-1	330 кОм	R_{95}	ПО-10	7,5 кОм
R_{38}	СП-I-1-А	100 кОм	R_{96}	ВС-1	56 кОм
R_{39}	ПО-10	500 Ом	R_{97}	ВС-1	13 кОм
R_{40}	ВС-0,25	600 кОм	R_{98}	ВС-1	2,7 кОм
R_{41}	ПО-10	700 кОм	R_{99}	ВС-0,5	150 Ом
R_{42}	ВС-0,25	5,6 кОм	R_{100}	СП-I-1-А	4,7 кОм
R_{43}, R_{44}	ВС-0,25	2,7 МОм	R_{101}	ВС-1	1,5 кОм
R_{45}	ВС-0,5	360 кОм	R_{102}	ВС-0,25	560 кОм
R_{46}	ВС-1	100 кОм	R_{103}	ВС-0,25	150 Ом
R_{47}	СП-I-1-А	68 кОм	R_{104}	ВС-0,25	27 кОм
R_{48}	ВС-1	220 кОм	R_{105}, R_{106}	ВС-1	15 кОм
R_{49}	СП-I-1-А	100 кОм	R_{107}	СП-I-1-А	1 МОм
R_{50}	ВС-1	180 кОм	R_{108}	ВС-0,5	56 кОм
R_{51}	СП-I-1-А	1 МОм	R_{109}	ВС-1	10 кОм
R_{52}	ВС-1	680 кОм	R_{110}	ВС-0,25	100 кОм
R_{53}	ВС-1	56 кОм	R_{111}	ВС-0,25	1,5 кОм

Продолжение табл. 59

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_{112}	ВС-0,25	2,2 МОм	C_{53}, C_{54}	КСО-2	1000 пФ
R_{113}	ВС-1	560 Ом	C_{55}	КСО-2	180 пФ
R_{114}	ВС-1	25,5 кОм	C_{56}	КТК-1-М	10 пФ
R_{115}	ВС-0,25	560 Ом	C_{57}	КСО-2	330 пФ
R_{116}	ВС-0,25	15 кОм	C_{58}	КСО-5	1800 пФ
R_{117}	ВС-0,25	150 кОм	C_{59}	КБГ-И	0,01 мкФ
R_{118}	ВС-0,5	150 Ом	C_{60}	КСО-2	470 пФ
R_{119}	ВС-1	15,7 кОм	C_{61}	КБГ-МП(2н)И	0,25 мкФ
R_{120}	ВС-1	1,8 кОм	C_{63}, C_{65}	КБГ-И	0,05 мкФ
R_{121}	ВС-1	9 кОм	C_{66}	КТК-1-М	15 пФ
R_{122}	ВС-1	56 кОм	C_{67}	КЭ-2М	20 мкФ
R_{123}	ВС-1	220 кОм	C_{68}	КБГ-МП(2н)И	0,25 мкФ
R_{124}	ВС-0,25	68 Ом	C_{69}, C_{70}	КБГ-И	0,05 мкФ
R_{125}	ВС-0,5	3,6 МОм	C_{71}	КЭ-2М	20 мкФ
R_{126}	ВС-0,5	1 МОм	C_{72}	КСО-2	470 пФ
R_{127}	ВС-0,25	75 кОм	C_{73}	КБГ-И	0,05 мкФ
C_{1}	КТК-1-М	10 пФ	C_{74}	КТК-1-М	22 пФ
C_{2}	КПК-1	2—7 пФ	C_{75}	КБГ-И	0,025 мкФ
C_{3}—C_{5}	КПК-1	6—25 пФ	C_{76}	КСО-2	430 пФ
C_{6}	КСО-2	100 пФ	C_{78}	КБГ-М2	0,25 мкФ
C_{7}	КПК-1	6—25 пФ	C_{79}	КТК-1-М	10 мкФ
C_{8}	КСО-2	1000 пФ	C_{80}	КСО-2	100 мкФ
C_{9}	КБГ-И	0,05 мкФ	C_{81}	КСО-2	390 мкФ
C_{10}	КБГ-МП	0,5 мкФ	C_{82}	КСО-5	1200 мкФ
C_{11}	КСО-1	150 пФ	C_{83}	КСО-2	300 мкФ
C_{12}	КБГ-М2	0,25 мкФ	C_{84}	КСО-2	470 мкФ
C_{13}	КСО-2	1000 пФ	C_{85}	КБГ-И	0,05 мкФ
C_{15}	КЭ-2-М	20 мкФ	C_{86}	КСО-2	820 пФ
C_{16}	КБГ-И	0,05 мкФ	C_{87}	КСО-2	100 пФ
C_{17}	КСО-2	560 пФ	C_{88}—C_{91}	КБГ-И	0,05 мкФ
C_{19}	КБГ-И	0,05 мкФ	C_{92}	КСО-5	9200 пФ
C_{20}	КЭ-2-М	20 мкФ	C_{93}	КБГ-МП(2н)И	0,25 мкФ
C_{21}—C_{25}	КБГ-И	0,05 мкФ	C_{94}, C_{95}	КСО-5	4700 пФ
C_{26}—C_{34}	КЭ-2-М	20 мкФ	C_{96}, C_{97}	КТК-2-М	47 пФ
C_{35}, C_{36}	БМ-С1	0,4 мкФ	C_{98}	КТК-1-М	10 пФ
C_{37}	КБГ-И	0,05 мкФ	C_{99}	КТК-1-М	27 пФ
C_{38}	КСО-6	1000 пФ	C_{100}, C_{101}	КТК-1-М	10 пФ
C_{40}	КТК-1-М	33 мкФ	C_{102}	КБГ-И	0,02 мкФ
C_{41}	КСО-2	470 мкФ	C_{103}	КСО-6	120 пФ
C_{42}	КСО-5	4700 мкФ	L_{1}—L_{7}	—	35 мкГ
C_{43}	КБГ-И	0,05 мкФ	L_{8}, L_{9}	—	3,5 Г
C_{44}	КТК-1-М	22 пФ	L_{10}, L_{13}	—	200 мкГ
C_{45}	КБГ-МП (2н) И	0,25 мкФ	L_{14}	—	35 мкГ
C_{46}	КСО-2	330 пФ	L_{15}	—	5 мкГ
C_{47}	КСО-5	6800 пФ	L_{16}	—	35 мкГ
C_{48}	КБГ-И	0,05 мкФ	L_{17}	—	200 мкГ
C_{49}	КБГ-МП(2н)И	0,5 мкФ	L_{18}	—	1600 мкГ
C_{50}	КСО-2	1000 пФ	L_{19}	—	5 мкГ
C_{51}	КТК-1-М	10 пФ	L_{20}	—	35 мкГ
C_{52}	КСО-2	150 пФ	$Л_{1}$	6П9	—

Продолжение табл. 59

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
$Л_2$, $Л_3$	6Ж4	—	$Л_{14}$	6Н8С	—
$Л_4$, $Л_5$	6П6С	—	$Л_{15}$	6Ж4	—
$Л_6$	5Ц3С	—	$Л_{16}$	6Н7С	—
$Л_7$	2Ц2С	—	$Л_{17}$, $Л_{18}$	6Ж4	—
$Л_8$	6Н7С	—	$Л_{19}$	МН-16	13,5 В; 0,18 А
$Л_9$	6П9	—			
$Л_{10}$	6Н9С	—	$Л_{20}$	13ЛО37	
$Л_{11}$	6Н8С	—	ИП	Микроамперметр	
$Л_{12}$, $Л_{13}$	6П6С	—			

Величина калибрационного сигнала изменяется потенциометром R_{47}, ручка которого обозначена «напряжение». Калибрационное напряжение с потенциометра R_{47} подается через переключатель $П_{10}$ на входной аттенюатор и делится им в отношении 1 : 100. Переключатель $П_{10}$ обозначен «калибровка амплитуды».

Блок питания состоит из двух выпрямителей. Выпрямитель, работающий на лампе $Л_6$, питает постоянным напряжением все каскады осциллографа и прибора УЗ-1 (усилителя), который подключается к осциллографу через фишку на задней стенке прибора. Выпрямитель, работающий на лампе $Л_7$, питает электроды ЭЛТ высоким напряжением.

В осциллографе применена трубка 13ЛО37. Питание электронной пушки, регулировка яркости и фокусировка изображения осуществляются напряжениями, снимаемыми с потенциометров R_{49} — R_{53}. Яркость регулируется напряжением, снимаемым с потенциометра R_{49}, ручка которого обозначена «яркость». С ручкой потенциометра механически соединен выключатель сети. Изображение фокусируется изменением напряжения, снимаемого с потенциометра R_{51}, ручка которого обозначена «фокус». Изображение на экране перемещается по вертикали при изменении потенциала управляющей сетки лампы $Л_5$ потенциометром R_{38}, ручка которого обозначена «ось Y вниз—вверх». Изображение перемещается по горизонтали при изменении потенциала управляющей сетки лампы $Л_{13}$ усилителя развертки потенциометром R_{86}, ручка которого обозначена «ось X влево—вправо».

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С1-2 приведена в табл. 59.

Подготовка прибора к работе

Комплект прибора С1-2 содержит собственно осциллограф, четыре кабеля двух типов для подключения осциллографа к исследуемым объектам и кабель с делителем. Все элементы управления прибором выведены на переднюю (рис. 124, *а*) и на заднюю (рис. 124, *б*) панели.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Проверить соответствие положения переключателя силового трансформатора напряжению сети.
2. Проверить подключение усилителей к пластинам ЭЛТ (переключатели «усилитель», рис. 124, *б*).
3. При необходимости установить ручку «яркость» в крайнее левое фиксированное положение (сеть отключена).
4. Подключить кабель питания к прибору и к сети.

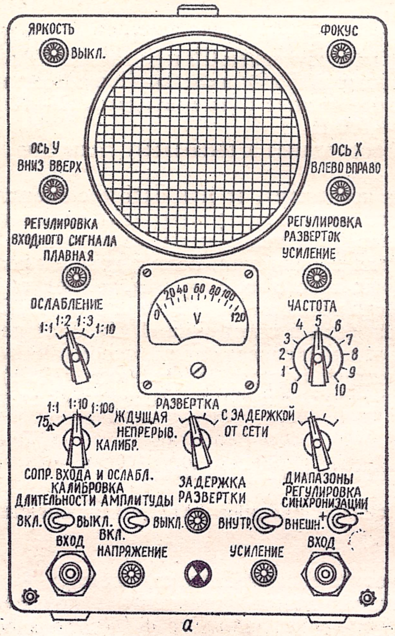
5. Включить питание, повернув ручку «яркость» вправо до щелчка (при этом должна загореться сигнальная лампочка), и дать прибору прогреться в течение 1—2 мин.

6. Ручками «яркость» и «фокус» установить необходимую яркость и четкость светового изображения.

7. Ручками «ось Y» и «ось X» установить изображение в нужном месте экрана.

Выбор режима работы

Режим работы осциллографа определяется видом и частотой развертки, входным сопротивлением, видом синхронизации и соединением с исследуемой схемой. Обычно выбор режима определяется характером и величиной исследуемого напряжения и особенностями исследуемой схемы. Если некоторые из этих условий или все известны, то следует путем ряда проб определить, какой режим является лучшим для исследования данного сигнала.


ЯРКОСТЬ
ВЫКЛ.
ФОКУС
ОСЬ Y
ВНИЗ ВВЕРХ
ОСЬ X
ВЛЕВО ВПРАВО
РЕГУЛИРОВКА ВХОДНОГО СИГНАЛА
ПЛАВНАЯ
РЕГУЛИРОВКА РАЗВЕРТОК
УСИЛЕНИЕ
ОСЛАБЛЕНИЕ
1:1 1:2 1:3 1:10
0 20 40 60 80 100 120
V
ЧАСТОТА
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
1:1 1:10 1:100
75
КАЛИБР.
РАЗВЕРТКА
ЖДУЩАЯ
НЕПРЕРЫВ.
С ЗАДЕРЖКОЙ
ОТ СЕТИ
СОПР. ВХОДА И ОСЛАБЛ.
КАЛИБРОВКА
ДЛИТЕЛЬНОСТИ АМПЛИТУДЫ
ЗАДЕРЖКА РАЗВЕРТКИ
ДИАПАЗОНЫ
РЕГУЛИРОВКА СИНХРОНИЗАЦИИ
ВКЛ.
ВЫКЛ.
ВКЛ.
ВЫКЛ.
ВНУТР.
ВНЕШН.
+
−
ВХОД
НАПРЯЖЕНИЕ
УСИЛЕНИЕ
ВХОД
а

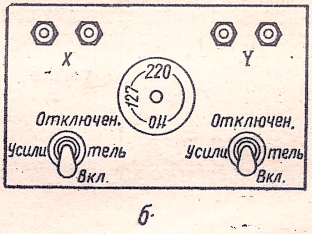

X
Y
220
127
ОН
Отключен.
Отключен.
Усилитель
Усилитель
Вкл.
Вкл.
б

Рис. 124. Вид панелей прибора С1-2:
а — передней; *б* — задней.

При работе с прибором нужно иметь в виду общие соображения по выбору режима работы.

Частота развертки. Для исследования периодических синусоидальных напряжений и импульсов с длительностью более 250 мкс используется непрерывная развертка. Для исследования импульсов с длительностями меньше 250 мкс — ждущая развертка и ждущая развертка с задержкой.

Вид развертки устанавливается переключателем «развертка». Частоту развертки следует выбирать с таким расчетом, чтобы на экране были видны все детали исследуемого сигнала. Изображение сигнала по горизонтали должно занимать возможно большую часть экрана. При увеличении частоты развертки повышается протяженность изображения по горизонтали.

Необходимая частота непрерывной развертки устанавливается переключателем «диапазоны» и ручкой «частота». При этом положение переключателя «диапазоны» определяет только диапазон частот, точно частота развертки регулируется ручкой «частота» при одновременном наблюдении за экраном.

Длительность ждущей развертки устанавливается только переключателем «диапазоны» и определяется по надписям на лицевой панели прибора.

Синхронизация развертки. Чаще всего удобно синхронизировать развертку исследуемым сигналом. Для этого переключатель синхронизации надо поставить в положение «внутр.».

Если исследуемый сигнал недостаточен по амплитуде (на входе менее 0,1 В) или непригоден для синхронизации по форме, то следует применить внешнюю синхронизацию. Для этого необходимо источник внешнего синхронизирующего напряжения соединить с гнездом «вход синхронизации» и поставить переключатель в положение «внешн.».

Входное сопротивление и ослабление сигнала. Для исследования сигналов на выходе линии или аппаратуры, имеющей малое выходное сопротивление, необходимо переключатель входного аттенюатора поставить в положение «75 Ω». Если выходное сопротивление исследуемой схемы велико, необходимо переключатель входного аттенюатора установить в одно из положений «1 : 1», «1 : 10» или «1 : 100». При этом входное сопротивление осциллографа равно 0,51 МОм.

Если необходимо, чтобы входное сопротивление прибора было больше 0,51 МОм, между источником исследуемого сигнала и входом осциллографа включают выносной делитель, входное сопротивление в этом случае составляет примерно 5 МОм с параллельной емкостью 12—15 пФ.

Для получения достаточных размеров и неискаженного изображения напряжение на входе осциллографа должно быть не меньше 0,1 и не больше 1 В при положении переключателя входного аттенюатора «75 Ω» и «1 : 1». При положении переключателя «1 : 10» напряжение на входе должно быть в пределах 1—10 В, при положении «1 :100» — в пределах 10—100 В.

Максимальное пиковое напряжение, подводимое к выносному делителю, не должно превышать 500 В.

Если величина исследуемого сигнала неизвестна, то при работе с осциллографом необходимо переключатель входного аттенюатора установить в положение «1 : 100», а ручку «плавная» поставить в такое положение, чтобы изображение на экране трубки имело размеры, удобные для наблюдения. Если в крайнем положении этой ручки все же не удается получить такого изображения, то следует переключатель входного аттенюатора перевести в положение «1 : 10» или «1 : 1». При этом переключатель «ослабление» должен быть в положении «1 : 1». Этот переключатель применяется для подбора ослабления сигнала при низкоомном входе осциллографа (при положении переключателя первого аттенюатора «75 Ω»).

Следует иметь в виду, что выносной делитель ослабляет исследуемый сигнал примерно в 10 раз.

Работа с осциллографом при различных режимах

Для работы со ждущей разверткой с синхронизацией исследуемым сигналом необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель «развертка» установить в положение «ждущая».
3. Переключатель «регулировка синхронизации» установить в положение «внутр.».
4. Переключатель «диапазоны» установить в положение, соответствующее длительности исследуемого сигнала.
5. Переключатель второго аттенюатора «ослабление» поставить в положение «1 : 1».
6. Переключатель входного аттенюатора поставить в положение, соответствующее выходному сопротивлению и напряжению исследуемой схемы.
7. Подключить к входу осциллографа исследуемую схему.
8. Ручку «усиление» установить в крайнее правое положение.
9. Ручкой «плавная» установить необходимые размеры изображения.
10. Подобрать положение переключателя полярности синхронизации.

Если после проделанного в пп. 1—10 на экране видна только линия развертки, то необходимо подобрать соответствующее положение аттенюатора. При малых амплитудах исследуемых сигналов запуск развертки не произойдет, о чем будет свидетельствовать отсутствие на экране трубки линии развертки.

Получив на экране изображение, ручками «яркость», «фокус», «ось Y вниз — вверх», «ось X влево — вправо» окончательно отрегулировать изображение.

Правильным считается положение, когда начало импульса находится примерно в середине левой части экрана, а светящаяся горизонтальная линия (развертка) проходит посередине экрана.

Размеры изображения по вертикали более 30 мм в каждую сторону от оси трубки увеличивать не следует, чтобы не исказить действительную форму исследуемого сигнала.

Для работы с непрерывной разверткой с синхронизацией исследуемым сигналом необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель «развертка» установить в положение «непрерыв.».
3. Переключатель синхронизации установить в положение «внутр.».
4. При исследовании синусоидальных напряжений переключатель полярности синхронизирующего напряжения поставить в положение «+». При больших исследуемых напряжениях положение этого переключателя безразлично.
5. Подключить к выходу осциллографа исследуемую схему.
6. Ручкой «усиление» отрегулировать напряжение синхронизации до получения на экране неподвижного изображения.
7. Переключателем «диапазоны» и ручкой «частота» установить частоту развертки, удобную для наблюдения изображения.
8. Переключателями аттенюаторов и ручкой усиления канала сигнала отрегулировать размеры изображения по вертикали.

Для синхронизации развертки от внешнего источника необходимо подключить к гнезду «вход» выход источника синхронизирующего напряжения. Переключатель синхронизации поставить в положение «внешн.». Напряжение внешней синхронизации должно быть от 5 до 50 В при работе со ждущей разверткой и от 2 до 20 В при работе с непрерывной разверткой. Остальные ручки и переключатели осциллографа устанавливаются так же, как было описано выше.

Для ждущей развертки с задержкой по отношению к исследуемому импульсу необходимо переключатель «развертка» поставить в положение «с задержкой».

Вращением ручки «задержка развертки» устанавливают необходимую величину задержки в пределах от 10 до 100 мкс. Вместе с изменением времени задержки следует одновременно изменять усиление синхронизации до получения неподвижного изображения.

Остальные элементы управления устанавливаются так же, как было описано выше.

Для получения развертки напряжением от сети переменного тока, питающего осциллограф, необходимо переключатель «развертка» поставить в положение «от сети» и ручкой «усиление» отрегулировать величину развертки. Остальные элементы управления устанавливаются так же, как было описано выше. Канал синхронизации и разверток при этом выключен.

Для измерения длительности исследуемого сигнала необходимо:

1. Получить устойчивое изображение исследуемого сигнала на экране осциллографа, как было описано выше (при ждущей развертке).
2. Переключатель «калибровка длительности» поставить в положение «вкл.». При этом на линии изображения должны появиться калибрационные метки.
3. Ручками «фокус» и «яркость» добиться на экране осциллографа изображения, удобного для наблюдения.
4. Подсчитать количество меток, укладывающихся на интересующем участке изображения.

Длительность участка определяется произведением числа меток на цену метки. Цена меток определяется в соответствии с положением переключателя длительности развертки «диапазоны».

При длительности развертки 2 мкс цена метки . . . . 0,1 мкс
» » » 10 мкс » » . . . 0,5 мкс
При длительности развертки 50 мкс цена метки . . . 2 мкс
» » » 250 мкс » » . . . 10 мкс

Для измерения амплитуды сигнала необходимо:

1. Получить устойчивое изображение на экране осциллографа и заметить положение входного аттенюатора.

2. Зафиксировать величину изображения сигнала по сетке, наложенной на экран трубки.

3. Переключатель входного аттенюатора перевести в положение «калибр.».

4. Переключатель «калибровка амплитуды» перевести в положение «вкл.».

5. Ручкой «напряжение» установить изображение калибрационного сигнала на экране трубки равным изображению исследуемого сигнала при измерении амплитуды синусоидальных сигналов. При измерении односторонних импульсов оно должно быть удвоенным.

6. В соответствии с положением переключателя входного аттенюатора по показаниям вольтметра на осциллографе определить значение измеряемой величины.

Если при установке изображения исследуемого сигнала переключатель входного аттенюатора был в положении «75 Ω» или «1 : 1», то для нахождения значений измеряемой величины необходимо показания вольтметра разделить на 100; в положении «1 : 10» — на 10; в положении «1 : 100» брать показания вольтметра.

Примечание. После выполнения п. 3 ни в коем случае нельзя менять положение ручек «ослабление» и «плавная».

Включение напряжений на отклоняющие электроды трубки. Для непосредственного соединения исследуемой схемы с отклоняющими электродами трубки нужно соответствующими переключателями на клеммной панели отключить внутренние усилители. Напряжение исследуемого сигнала должно быть в пределах 20—200 В. Следует помнить, что в этом случае возможна лишь внешняя синхронизация развертки, а схема задержки импульса в канале сигнала не работает, поэтому передний фронт сигнала может оказаться невидимым.

Осциллограф универсальный С1-5

Предназначен для исследования периодических процессов в лабораторных и полевых условиях. Он заменяет осциллограф С1-2.

На экране прибора С1-5 можно наблюдать изображения незатухающих колебаний с частотой от 20 Гц до 1 МГц и импульсов длительностью от 0,1 до 3000 мкс. Этим прибором можно измерить длительность импульсов и амплитуду исследуемых сигналов.

Основные технические характеристики

Усилитель вертикального отклонения (УВО) имеет следующие характеристики:

1) чувствительность на частоте 100 кГц — 25 мм на 0,3 В эффективного значения напряжения при широкой полосе и 25 мм на 0,1 В — при узкой полосе;

2) неравномерность частотной характеристики не более 3 дБ в диапазоне частот от 10 Гц до 10 МГц при широкой полосе и от 10 Гц до 500 кГц при узкой полосе;

3) сопротивление высокоомного входа не менее 0,5 МОм с параллельной емкостью не более 50 пФ, низкоомного входа — 500 Ом.

Усилитель горизонтального отклонения (УГО) имеет следующие характеристики:

1) чувствительность на частоте 10 кГц — 22 мм на 0,3 В эффективного значения напряжения;

2) сопротивление входа не менее 80 кОм;

3) неравномерность частотной характеристики не более 0,3 дБ в диапазоне частот от 20 Гц до 400 кГц.

В осциллографе имеется две системы разверток:

1) непрерывная с регулировкой в диапазоне частот от 20 Гц до 200 кГц;

2) ждущая с продолжительностями 1, 2, 5, 10, 30, 100, 300, 1000, 3000 мкс.

Калибрационные метки можно устанавливать с временными интервалами 0,05; 0,2; 1,0; 5 и 100 мкс. Погрешность калибрационных меток не более ±5%.

Калибратором амплитуды можно измерить напряжение до 200 В. Погрешность измерения амплитуды сигналов на участке шкалы 0,2—1,2 В — не более ±10%.

В осциллографе С1-5 можно подавать исследуемые напряжения непосредственно на отклоняющие пластины ЭЛТ. Сопротивление входа при этом не менее 3,6 МОм с параллельной емкостью не более 30 пФ (для обеих пар пластин).

Максимальная погрешность входного делителя ±5%.

Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 127 и 220 В и частотой 400 Гц напряжением 115 В при колебаниях напряжения сети от +5 до —10%.

Мощность, потребляемая от сети, не более 180 ВА.

Прибор может непрерывно работать в течение 8 ч в диапазоне температур от +40 до —40° С.

Схема осциллографа

Структурная схема осциллографа (рис. 125) содержит канал сигнала, канал разверток и синхронизации, калибратор длительности импульсов, калибратор амплитуды, электроннолучевую трубку с элементами управления лучом, блок питания.

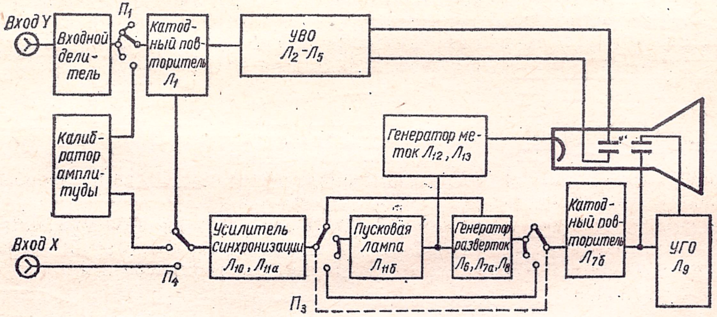

Вход Y
Входной делитель
$П_1$
Катодный повторитель $Л_1$
УВО $Л_2$-$Л_5$
Калибратор амплитуды
Генератор меток $Л_{12}$, $Л_{13}$
Вход X
$П_4$
Усилитель синхронизации $Л_{10}$, $Л_{11а}$
Пусковая лампа $Л_{11б}$
Генератор разверток $Л_6$, $Л_{7а}$, $Л_8$
$П_3$
Катодный повторитель $Л_{7б}$
УГО $Л_9$

Рис. 125. Структурная схема прибора С1-5.

Принципиальная схема осциллографа С1-5 приведена на рис. 126.

Канал сигнала состоит из входного делителя, катодного повторителя, линии задержки, усилителя, фазоинвертора и выходного усилителя. Сигнал подается через гнездо «вход Y» на входной делитель реостатно-емкостного типа. Необходимый коэффициент деления устанавливается переключателем $П_1$, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «делитель». Одновременно с коэффициентом деления переключается входное сопротивление осциллографа (по оси Y). При установке переключателя в положение «калибр.» на вход катодного повторителя, собранного на лампе $Л_1$, подается калибровочное напряжение.

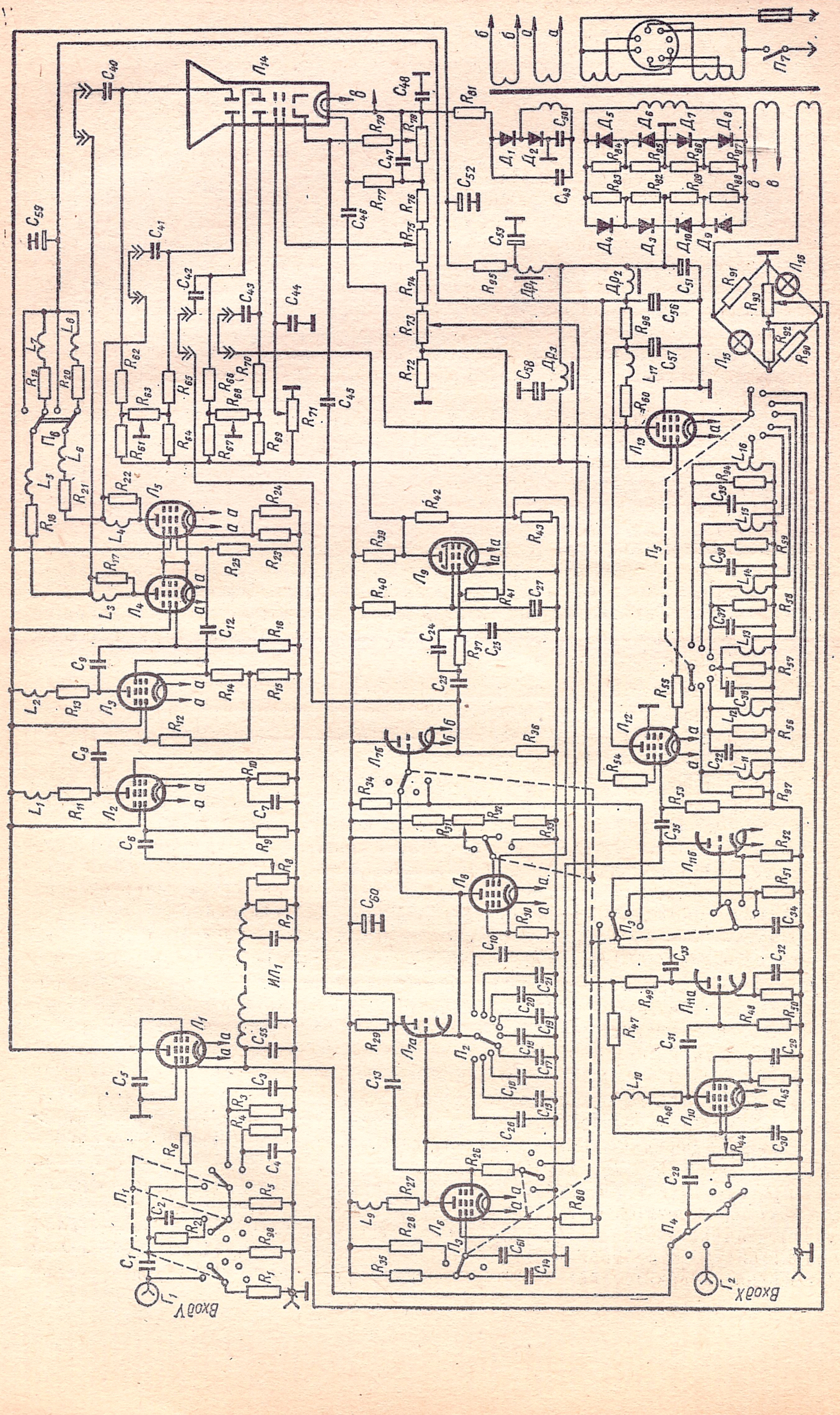

Вход Y
Вход X
Л14
П7

Рис. 126. Принципиальная схема прибора С1-5.

В других положениях переключателя $П_1$ на катодный повторитель подается исследуемый сигнал после входного делителя. Нагрузкой катодного повторителя являются сопротивления R_7 и R_8, включенные после линии, обеспечивающей задержку сигнала в тракте усиления на время 0,2 мкс по отношению к началу развертки.

С потенциометра R_8 сигнал поступает на усилитель, работающий на лампе $Л_2$, затем на фазоинвертор—на лампе $Л_3$ и выходной усилитель на лампах $Л_4$ и $Л_5$. Усиление регулируется потенциометром R_8, ручка которого на передней панели обозначена «усиление». Все каскады усилителя имеют корректирующие элементы (L_1— L_6). В выходном усилителе предусмотрено изменение полосы пропускания (за счет изменения усиления) переключателем $П_6$ (переключатель полосы пропускания УВО на задней панели). Широкой полосе (уменьшению усиления) соответствует положение, при котором включены корректирующие цепочки L_7, R_{19} и L_8, R_{20}.

С анодной цепи выходного усилителя сигнал поступает на вертикально отклоняющие пластины трубки (при установленных перемычках в гнезда Y и X на задней панели).

Канал синхронизации и разверток состоит из усилителя синхронизации, фазоинвертора, генератора развертки, катодного повторителя и усилителя горизонтального отклонения луча.

Усилитель синхронизации собран на лампах $Л_{10}$ и $Л_{11}$. При внутренней синхронизации напряжение на вход усилителя подается из катодной цепи лампы $Л_1$, при внешней синхронизации — с гнезда «вход X», при синхронизации от сети — с мостикового стабилизатора. Вид синхронизации переключается переключателем $П_4$, ручка которого обозначена «род синхр.». Напряжение синхронизации регулируется потенциометром R_{44}, ручка которого обозначена «синхрониз.».

Напряжение синхронизации с выхода усилителя в зависимости от положения переключателя рода работы $П_3$ поступает на антидинатронную сетку лампы $Л_6$ генератора непрерывной развертки, на сетку или катод пусковой лампы $Л_{11б}$ генератора развертки в режиме ждущей развертки или на катодный повторитель $Л_{7б}$ (при работе усилителя синхронизации в качестве предварительного усилителя горизонтального отклонения луча). Тип развертки выбирается переключателем на передней панели осциллографа.

Генератор непрерывной развертки работает на лампах $Л_6$, $Л_{7а}$ и $Л_8$ по схеме мультивибратора с разрядной лампой $Л_8$. Частота генерируемых колебаний меняется за счет изменения емкости зарядного конденсатора переключателем $П_2$, ручка которого обозначена «развертка», и регулировкой напряжения на экранной сетке разрядной лампы $Л_8$ потенциометром R_{32}, ручка которого обозначена «частота плавно». В режиме ждущей развертки генератор развертки запирается напряжением, снимаемым с резистора R_{73} (подбирается на заводе).

Напряжение пилообразной формы с разрядного конденсатора поступает на катодный повторитель, работающий на лампе $Л_{7б}$. С нагрузки катодного повторителя R_{36} напряжение развертки подается на одну из горизонтально отклоняющих пластин трубки и на фазоинвертор, работающий на лампе $Л_9$. После фазоинверсного каскада напряжение развертки в противофазе подается на другую пластину трубки (при вставленных перемычках в гнезда X на задней панели).

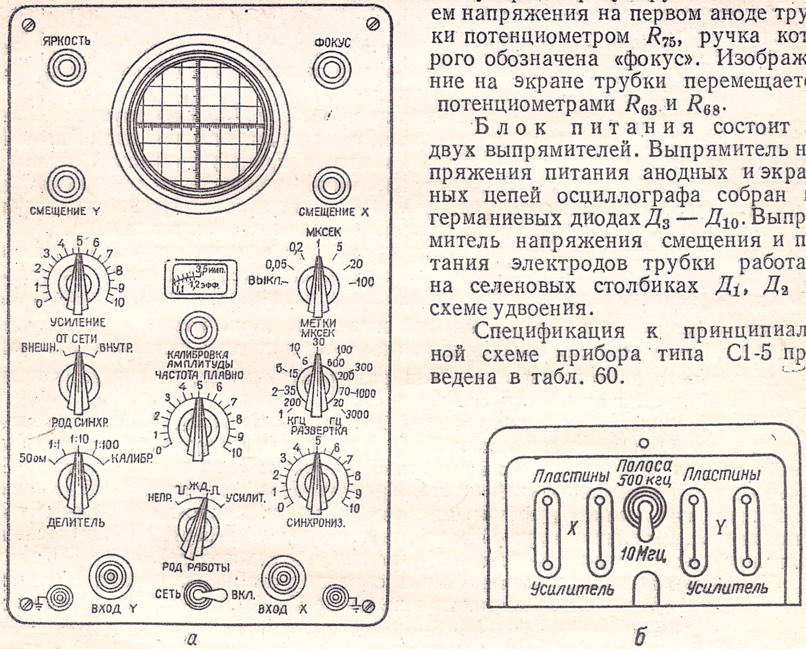
С анода лампы $Л_{7а}$ на трубку подается подсветный импульс. Калибратор длительности работает на лампах $Л_{12}$ и $Л_{13}$ и представляет собой генератор ударного возбуждения с настроенным контуром в цепи катода лампы $Л_{12}$. В зависимости от положения переключателя $П_5$ длительности меток в работу включается один из шести контуров (L_{11}, R_{97}; L_{12}, C_{22}, R_{56}; L_{13}, C_{36}, R_{57}; L_{14}, C_{37}, R_{58}; L_{15}, C_{38}, R_{59} или L_{16}, C_{39}, R_{94}). Ручка переключателя длительности меток обозначена «метки». Этим же переключателем выключается генератор меток, запуск которого происходит при запирании лампы $Л_{12}$ импульсом от генератора развертки. Для поддержания амплитуды калибрационных импульсов в генераторе ударного возбуждения применена положительная обратная связь через лампу $Л_{13}$ и часть витков в катушке контура. Напряжение калибрационных меток из анодной цепи лампы $Л_{13}$ подается на электроннолучевую трубку и модулирует ее луч по яркости.

Калибратор амплитуды представляет собой стабилизатор напряжения, собранный по мостовой схеме с плечами из резисторов R_{90}, R_{91} и ламп $Л_{15}$, $Л_{16}$ (3,5 В; 0,28 А). Напряжение на мост подается с обмотки силового трансформатора. Стабилизированное напряжение снимается с потенциометра R_{93} в диагонали моста. Ручка этого потенциометра обозначена «калибровка амплитуды». Величина калибрационного напряжения отсчитывается непосредственно по шкале потенциометра R_{93}.

Трубка 8ЛО29. Питание электронной пушки, регулировка яркости и фокусировка изображения осуществляется напряжениями, снимаемыми с потенциометра, образованного сопротивлениями R_{72} — R_{76}, R_{78}, R_{81}. Яркость регулируется изменением напряжения на управляющем электроде трубки с помощью переменного сопротивления R_{78}, ручка которого обозначена «яркость». Фокусировка регулируется изменением напряжения на первом аноде трубки потенциометром R_{75}, ручка которого обозначена «фокус». Изображение на экране трубки перемещается потенциометрами R_{63} и R_{68}.

Блок питания состоит из двух выпрямителей. Выпрямитель напряжения питания анодных и экранных цепей осциллографа собран на германиевых диодах $Д_3$ — $Д_{10}$. Выпрямитель напряжения смещения и питания электродов трубки работает на селеновых столбиках $Д_1$, $Д_2$ по схеме удвоения.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С1-5 приведена в табл. 60.


ЯРКОСТЬ
ФОКУС
СМЕЩЕНИЕ Y
СМЕЩЕНИЕ X
МКСЕК
0,05
0,2
1
5
20
100
ВЫКЛ.
МЕТКИ
3,5 имп.
1,2 эфф.
1,1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
УСИЛЕНИЕ
ОТ СЕТИ
ВНЕШН.
ВНУТР.
РОД СИНХР.
КАЛИБРОВКА АМПЛИТУДЫ
ЧАСТОТА ПЛАВНО
МКСЕК
10
30
100
6
600
5
15
200
300
2–35
70–1000
200
20
1
3000
КГЦ
ГЦ
РАЗВЕРТКА
1:1
1:10
1:100
50 ом
КАЛИБР.
ДЕЛИТЕЛЬ
НЕПР.
ЖД.
УСИЛИТ.
РОД РАБОТЫ
СИНХРОНИЗ.
ВХОД Y
СЕТЬ
ВКЛ.
ВХОД X
Пластины
Полоса 500 кгц
Пластины
X
Y
10 Мгц
Усилитель
Усилитель

а *б*

Рис. 127. Вид панелей прибора С1-5:
а — передней; *б* — задней.

Подготовка осциллографа к работе

Комплект прибора включает собственно осциллограф, два коаксиальных кабеля для подключения исследуемых схем и кабель питания.

Все элементы управления прибором выведены на переднюю (рис. 127, *а*) и заднюю (рис. 127, *б*) панели. Для подключения прибора к работе необходимо:

1. Проверить соответствие положения переключателя силового трансформатора напряжению сети.
2. Переключатель «сеть» поставить в положение выключено.
3. Ручку «яркость» установить в крайнее левое положение.

60. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С1-5

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,25	51 Ом	R_{55}	ВС-0,25	68 Ом
R_2	МЛТ-0,5	2,2 МОм	R_{56}, R_{57}	МЛТ-0,5	680 Ом
R_3	МЛТ-0,5	270 кОм	R_{58}	МЛТ-0,5	4,3 кОм
R_4	МЛТ-0,5	22 кОм	R_{59}	МЛТ-0,5	4,3 кОм
R_5	МЛТ-0,5	2,2 МОм	R_{60}	МЛТ-0,5	820 Ом
R_6	ВС-0,25	56 Ом	R_{61}	МЛТ-0,5	390 кОм
R_7	МЛТ-0,5	1,5 кОм	R_{62}	МЛТ-0,5	5,1 МОм
R_8	СП-I-1-А	470 Ом	R_{63}	СП-I-1-А	470 кОм
R_9	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{64}	МЛТ-0,5	390 кОм
R_{10}	МЛТ-0,5	150 Ом	R_{65}, R_{66}	МЛТ-0,5	5,1 МОм
R_{11}	МЛТ-0,5	2 кОм	R_{67}	МЛТ-0,5	360 кОм
R_{12}	МЛТ-0,5	560 кОм	R_{68}	СП-I-1-А	470 кОм
R_{13}	МЛТ-0,5	820 Ом	R_{69}	МЛТ-0,5	360 кОм
R_{14}	МЛТ-0,5	220 Ом	R_{70}	МЛТ-0,5	5,1 МОм
R_{15}	МЛТ-0,5	470 Ом	R_{71}	СП-II-1-А	470 кОм
R_{16}	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{72}	МЛТ-0,5	8,2 кОм
R_{17}	МЛТ-0,5	4,3 кОм	R_{73}	СП-II-1-А	22 кОм
R_{18}	МЛТ-2	18 кОм	R_{74}	МЛТ-0,5	390 кОм
R_{19}, R_{20}	ПЭВ-10	4,3 кОм	R_{75}	СП-I-1-А	220 кОм
R_{21}	МЛТ-2	1,5 кОм	R_{76}	МЛТ-0,5	150 кОм
R_{22}	МЛТ-0,5	4,3 кОм	R_{77}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{23}	ВС-0,25	56 Ом	R_{78}	СП-I-1-А	100 кОм
R_{24}	ВС-0,25	68 Ом	R_{79}	МЛТ-0,5	510 кОм
R_{25}	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{80}	МЛТ-0,5	75 кОм
R_{26}	МЛТ-0,5	510 кОм	R_{81}	МЛТ-0,5	270 кОм
R_{27}	МЛТ-2	22 кОм	R_{82}—R_{89}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_{28}	МЛТ-1	18 кОм	R_{90}, R_{91}	Проволочный	27 Ом
R_{29}	МЛТ-0,5	1,5 кОм	R_{92}	СП-I-1-А	22 кОм
R_{30}	МЛТ-0,5	330 Ом	R_{93}	ППЗ-12	5,1 кОм
R_{31}	МЛТ-0,5	56 кОм	R_{94}	МЛТ-0,5	820 Ом
R_{32}	СП-I-1-А	470 кОм	R_{95}	ПЭВ-10	4,3 кОм
R_{33}	МЛТ-0,5	100 кОм	R_{96}	МЛТ-2	4,55 кОм
R_{34}	МЛТ-0,5	5,1 МОм	R_{97}	МЛТ-0,5	820 Ом
R_{35}	МЛТ-0,5	56 кОм	R_{98}	МЛТ-0,5	750 кОм
R_{36}	МЛТ-2	22 кОм	C_1	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{37}	МЛТ-2	2,2 МОм	C_2	КПК-1	6—25 пФ
R_{39}	ПЭВ-10	10 кОм	C_3	КСО-1	220 пФ
R_{40}	МЛТ-2	56 кОм	C_4	КСО-2	2400 пФ
R_{41}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_5	КЭ-2	20 мкФ
R_{42}	МЛТ-0,5	330 кОм	C_6	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{43}	МЛТ-0,5	2 кОм	C_7	КСО-1	300 пФ
R_{44}	СП-I-1-А	100 кОм	C_8	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{45}	МЛТ-0,5	120 Ом	C_9	КБГ-И	0,05 мкФ
R_{46}	МЛТ-0,5	2,2 кОм	C_{10}	КБГ-И	0,5 мкФ
R_{47}	МЛТ-2	12 кОм	C_{12}, C_{13}	КБГ-И	0,05 мкФ
R_{48}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{14}	МБГО-2	2 мкФ
R_{49}	МЛТ-1	8,2 кОм	C_{15}	КСО-2	220 пФ
R_{50}	МЛТ-0,5	820 Ом	C_{16}	КСО-2	680 пФ
R_{51}, R_{52}	МЛТ-0,5	47 кОм	C_{17}	КСО-2	1430 пФ
R_{53}	МЛТ-0,5	510 кОм	C_{18}	КСО-5	4700 пФ
R_{54}	МЛТ-0,5	62 кОм	C_{19}	КСО-5	0,014 пФ

Продолжение табл. 60

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_{20}	КБГ-И	0,04 мкФ	C_{58}—C_{60}	КЭ-2	20 мкФ
C_{21}	КБГ-И	0,13 мкФ	C_{61}	КСО-2	1000 пФ
C_{22}	КТК-1а-М	82 пФ	L_1	—	20 мкГ
C_{23}	КБГ-И	0,05 мкФ	L_2	—	10 мкГ
C_{24}	КПК-1	6—25 пФ	L_3, L_4	—	25 мкГ
C_{25}	КСО-1	120 пФ	L_5, L_6	—	22 мкГ
C_{26}	КТК-2а-М	47 пФ	L_7, L_8	—	330 мкГ
C_{27}	КЭ-2	20 мкФ	L_9	—	3100 мкГ
C_{28}	КБГ-И	0,1 мкФ	L_{10}	—	40 мкГ
C_{29}	КЭ-1а	100 мкФ	L_{11}	—	1,8 мкГ
C_{30}	МБГО-2	2 мкФ	L_{12}	—	6,3 мкГ
C_{31}	КБГ-И	0,1 мкФ	L_{13}	—	23 мкГ
C_{32}	КСО-1	680 пФ	L_{14}	—	350 мкГ
C_{33}	КБГ-И	0,1 мкФ	L_{15}	—	1800 мкГ
C_{34}	КСО-5	5600 пФ	L_{16}	—	20000 мкГ
C_{35}	КСО-5	0,01 мкФ	L_{17}	—	1,8 мкГ
C_{36}, C_{37}	КСО-2	680 пФ	$Л_1$	6П9	—
C_{38}	КСО-5	3300 пФ	$Л_2$, $Л_3$	6Ж4	—
C_{39}	КСО-2	5100 пФ	$Л_4$, $Л_5$	6П9	—
C_{40}—C_{43}	КБГ-И	0,05 мкФ	$Л_6$	6Ж8	—
C_{44}	КСО-5	4700 пФ	$Л_7$	6Н8С	—
C_{45}	КБГ-И	0,03 мкФ	$Л_8$	6Ж8	—
C_{46}	КСО-6	510 пФ	$Л_9$	6П6С	—
C_{47}	КБГ-И	0,05 мкФ	$Л_{10}$	6Ж4	—
C_{48}	МБГП-1	0,5 мкФ	$Л_{11}$	6Н8С	—
C_{49}, C_{50}	МБГП-1	1 мкФ	$Л_{12}$, $Л_{13}$	6Ж4	—
C_{51}, C_{52}	КЭ-2	20 мкФ	$Л_{14}$	8ЛО29	—
C_{53}	КЭ-2	200 мкФ	$Л_{15}$, $Л_{16}$	МН-13	3,5В; 0,28А
C_{55}	КТК-1а-М	22 пФ	$Д_1$, $Д_2$	АВС-6-600	—
C_{56}	КЭ-2	20 мкФ	$Д_3$—$Д_{10}$	ДГ-Ц24	—
C_{57}	МБГО-2	0,25 мкФ	$Др_1$—$Др_3$	—	8 Г

4. Подключить кабель питания к колодке прибора и к сети.

5. Включить питание, установив переключатель сети в положение «вкл.» (при этом должны загореться лампочки подсвета шкалы).

6. Ручками «яркость» и «фокус» установить необходимую яркость и четкость светового изображения.

7. Ручками «смещение Y» и «смещение X» установить изображение в требуемом месте экрана.

Выбор режима работы

Режим работы осциллографа определяется видом и частотой развертки, входным сопротивлением, видом синхронизации и соединением с исследуемой схемой. Обычно режим работы определяется характером и величиной исследуемого сигнала и особенностями исследуемой схемы. Если эти условия неизвестны, то режим подбирается. Для этого следует иметь в виду общие соображения по выбору режима работы.

Частота развертки. Для исследования сигналов с длительностью импульсов меньше 3000 мкс необходимо пользоваться ждущей разверткой, с длительностью импульсов более 3000 мкс и других периодических сигналов — непрерывной разверткой.

В осциллографе С1-5 развертка выбирается переключателем «род работы». Частоту развертки следует выбирать с таким расчетом, чтобы на экране были видны все детали исследуемого сигнала. Увеличение частоты развертки растягивает изображение на экране, и наоборот, уменьшение частоты сжимает его. Частота развертки устанавливается ручками «развертка» и «частота плавно». Частота ждущей развертки устанавливается переключателем «развертка». Числовые значения на этой шкале указывают на длительность развертки в микросекундах. Поэтому при известной длительности импульса переключатель следует установить против первой цифры большей длительности импульса.

Синхронизация развертки. Удобнее всего синхронизировать развертку исследуемым сигналом, установив переключатель «род синхр.» (род синхронизации) в положение «внутр.» (внутренняя).

Если исследуемый сигнал мал по амплитуде или непригоден по форме для синхронизации, то необходимо применить внешнюю синхронизацию, соединив источник внешнего напряжения, синхронного с исследуемым, с гнездом «вход *X*».

При исследовании сигналов с частотой питающей сети необходимо использовать синхронизацию «от сети», поставив в соответствующее положение переключатель «род синхр.».

Входное сопротивление и ослабление сигналов. Для исследования сигналов на выходе схемы с малым выходным сопротивлением (около 50 Ом) необходимо переключатель «делитель» установить в положение «50 ом». При этом напряжение сигнала на входном гнезде не должно превышать 2 В (амплитудного значения), так как сигнал подается на усилитель без ослабления.

При установке переключателя «делитель» в положение «1 : 1»; «1 : 10» или «1 : 100» входное сопротивление осциллографа составляет 0,5 МОм. Максимальное напряжение, которое можно подать на вход прибора, 200 В амплитудного значения, переключатель «делитель» при этом должен быть установлен в положение «1 : 100». В это же положение следует устанавливать переключатель, если величина исследуемого напряжения меньше 200 В, но точно неизвестна. Величина изображения устанавливается ручкой «усиление». Если в крайнем правом положении этой ручки величина изображения мала и неудобна для наблюдения, переключатель «делитель» переводят в положение «1 : 10», если же величина изображения и в этом случае недостаточна, то переключатель переводят в положение «1 : 1».

Нормальной работе осциллографа соответствует изображение не более 25 мм (от оси).

Работа с осциллографом при различных режимах

Для работы со ждущей разверткой с синхронизацией исследуемым сигналом необходимо:

1. Подготовить осциллограф к работе.
2. Переключатель «род работы» установить в положение «жд. ⊔» (или «жд. ⊓»).
3. Переключатель «род синхр.» установить в положение «внутр.».
4. Переключатель «делитель» установить так, как было описано выше.
5. Подать исследуемый сигнал на гнездо «вход *Y*». При пользовании коаксиальным кабелем прибора необходимо помнить, что штыревое окончание на коротком проводе соответствует центральному проводнику кабеля, а штыревое окончание на длинном проводе — экранирующей оплетке кабеля.
6. Ручкой «синхрониз.» добиться на экране осциллографа устойчивого изображения сигнала. Если изображение не появляется или не устанавливается, следует переключатель рода работы перевести в положение «жд. ⊓» (или «жд. ⊔»), подбирая при этом положение ручки «синхрониз.». Меньшим искажениям

сигнала соответствует минимальное напряжение синхронизации, при котором изображение еще неподвижно.

Для измерения длительности импульса необходимо:

1. Получить неподвижное изображение импульса на экране трубки.
2. Переключатель «метки» установить в положение, при котором на изображении укладывается наибольшее число легко различимых меток.
3. Отрегулировать изображение (фокус, яркость, синхронизацию) так, чтобы можно было подсчитать число меток.
4. По количеству меток на изображении и по цене метки (на шкале переключателя) определить длительность сигнала.

Для работы с непрерывной разверткой с синхронизацией исследуемым сигналом необходимо:

1. Подготовить осциллограф к работе.
2. Переключатель «метки» установить в положение «выкл.».
3. Переключатель «род работы» поставить в положение «непр.».
4. Установить требуемую частоту развертки так, как было описано выше.
5. Переключателями «частота плавно» и «синхрониз.» установить неподвижное изображение.

Для синхронизациии от внешнего источника необходимо напряжение внешней синхронизации подвести к гнезду «вход X», а переключатель «род синхр.» установить в положение «внешн.».

При работе со ждущей разверткой положение переключателя должно соответствовать полярности синхронизирующего импульса независимо от полярности исследуемого импульса.

Синхронизация от сети возможна только при непрерывной развертке. Для этого необходимо переключатель «род синхр.» установить в положение «от сети» и ручкой «синхрониз.» добиться неподвижного изображения на экране осциллографа.

В остальном работа с осциллографом аналогична работе с непрерывной разверткой с синхронизацией исследуемым сигналом.

Развертка от внешнего источника. При необходимости использовать внешнее напряжение в качестве горизонтально отклоняющего переключатель «род работы» следует установить в положение «усилит.», а переключатель «род синхр.» — в положение «внешн.». Развертывающее напряжение подать на «вход X». Величина развертки при этом регулируется ручкой «синхрониз.».

Измерение напряжения. Для измерения амплитуды импульса необходимо:

1. Получить удобное для наблюдений изображение импульса.
2. Отсчитать величину изображения амплитуды импульса по масштабной сетке.
3. Запомнить положение переключателя «делитель». Ручку «усиление» до конца измерений не поворачивать.
4. Переключатель «делитель» перевести в положение «калибр.».
5. Ручкой «калибровка амплитуды» установить такое калибрационное напряжение, чтобы на экране получить изображение, равное по величине изображению исследуемого импульса. Если этого достичь не удается, можно установить другие удобные для отсчета размеры изображения.
6. Отсчитать по верхней шкале (импульсное) в окне значение калибрационного напряжения.
7. Амплитуда исследуемого импульса определяется по формуле

$$U = \frac{a}{b} k U_{\text{к}},$$

где a — величина изображения исследуемого импульса, мм; b — величина изображения калибрационного сигнала, мм; k — коэффициент деления входного делителя; $U_{\text{к}}$ — величина калибрационного напряжения, соответствующая величине изображения, В.

При равенстве изображений сигнала и калибрационного напряжения амплитуда импульса определяется умножением отсчитанной величины по верхней шкале на коэффициент деления входного делителя. Если изображение калибрационного сигнала при ждущей развертке неустойчиво, калибровку можно производить при непрерывной развертке.

Напряжение синусоидальной формы измеряется аналогично, лишь величина калибрационного напряжения (эффективное значение) отсчитывается по нижней шкале в том же окне.

Подача напряжений на отклоняющие электроды трубки. Для непосредственного соединения исследуемой схемы с отклоняющими электродами трубки служат клеммы на задней панели (рис. 127, *б*). При непосредственном соединении из гнезд вынимаются короткозамкнутые вилки, а на гнезда, обозначенные «пластины», подается исследуемое напряжение (но не более 200 В амплитудного значения).

Следует помнить, что в этом случае возможна лишь внешняя синхронизация развертки. Кроме того, при этом отсутствует задержка импульса и передний фронт его может оказаться невидимым.

Предостережение. Необходимо иметь в виду, что гнезда, обозначенные «усилитель» (нижние), находятся под большим анодным напряжением и заземление или замыкание их недопустимо.

Осциллограф универсальный С1-6 (малогабаритный)

Предназначен для испытания радиоаппаратуры в полевых условиях. На экране осциллографа можно наблюдать изображение электрических сигналов синусоидальной формы с частотой от 30 Гц до 50 кГц и импульсных сигналов любой формы и полярности с длительностью от 0,1 до 500 мкс.

Основные технические характеристики

Усилитель вертикального отклонения имеет следующие характеристики:

1) полосу пропускания от 30 Гц до 1 МГц с неравномерностью частотной характеристики не более 3 дБ;

2) коэффициент усиления 10;

3) сопротивление входа 0,5 МОм с параллельной емкостью не более 55 пФ.

Осциллограф обеспечивает наблюдение сигналов с амплитудами при подаче сигнала:

на вход усилителя от 2 до 10 В;
на вертикально отклоняющие пластины трубки от 10 до 200 В;
на пластины трубки с использованием выносного делителя до 1500 В.

Электроннолучевая трубка имеет постоянную шкалу чувствительности отклонения луча по вертикали и масштаб линии развертки, которые позволяют определять амплитуду и длительность исследуемых сигналов.

В осциллографе имеется два вида разверток:

1) непрерывная с диапазоном частот от 30 Гц до 10 кГц;

2) ждущая с фиксированными длительностями 1,5; 5; 15; 50; 150 и 500 мкс погрешностью не более ±5%.

Нелинейность разверток не превышает 5% для ждущей и 10% для непрерывной.

Осциллограф имеет два вида синхронизации: внутреннюю — исследуемым сигналом и внешнюю — сигналом с амплитудой от 20 до 50 В.

Осциллограф рассчитан на непрерывную работу в течение 4 ч при температуре от —40 до +50° С и относительной влажности 60—70%.

Питание прибора от сети переменного тока частотой 400 Гц напряжением 115 и 220 В с колебанием напряжения сети ±3%. Потребляемая мощность не более 35 ВА.

Схема осциллографа

Структурная схема прибора (рис. 128) содержит выносной делитель, входной делитель, усилитель вертикального отклонения луча и усилитель синхронизации, блок синхронизации, блок разверток, электроннолучевую трубку, блок питания.

Принципиальная схема осциллографа С1-6 приведена на рис. 129.

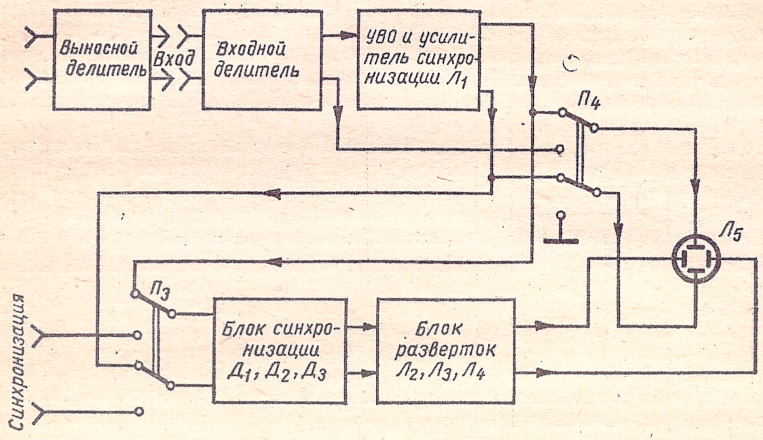

Выносной делитель
Вход
Входной делитель
УВО и усилитель синхронизации $Л_1$
$П_4$
$Л_5$
$П_3$
Синхронизация
Блок синхронизации $Д_1, Д_2, Д_3$
Блок разверток $Л_2, Л_3, Л_4$

Рис. 128. Структурная схема прибора С1-6.

Усилитель вертикального отклонения луча и синхронизации работает на лампе $Л_1$ по парафазной схеме. На вход усилителя сигнал подается с клемм, находящихся на передней панели осциллографа (клеммы «вход»). Исследуемый сигнал амплитудой от 2 до 10 В подается на вход усилителя ослабленным вдвое емкостно-реостатным делителем C_{32}, R_{75}, R_{74}, C_3, R_5, R_6. Сигнал амплитудой от 10 до 200 В подается на вход усилителя дополнительно через входной делитель емкостно-реостатного типа (R_3, C_2 и R_4).

В первом случае с выхода усилителя сигнал поступает на вертикально отклоняющие пластины трубки (при установке переключателя $П_4$ в положение «усилитель») и блок синхронизации (при установке переключателя $П_3$ в положение «внутр.»).

Во втором случае усиленный сигнал поступает только на блок синхронизации, а на пластины трубки сигнал подается с входных клемм через делитель R_1, C_1, R_2.

Ручки переключателей $П_4$, $П_3$ и $П_1$ выведены на переднюю панель и обозначены соответственно: «усилитель — пластины», «внутр. — внешн.» и «делитель 1 : 1 — 1 : 2».

Сигнал, поступающий на блок синхронизации, запускает ждущую развертку или синхронизирует непрерывную развертку.

Блок синхронизации представляет собой одинаковые цепочки с диодами $Д_2$ и $Д_3$. Эти цепочки обеспечивают для запуска ждущей развертки подачу отрицательного импульса, независимо от полярности сигнала.

При внешней синхронизации работает лишь цепочка с диодом $Д_2$, обеспечивая запуск развертки отрицательным сигналом. Запуск развертки положительным сигналом осуществляется через цепочку C_{28}, $Д_1$ и R_{27}. Вид синхронизации устанавливается переключателем синхронизации $П_3$.

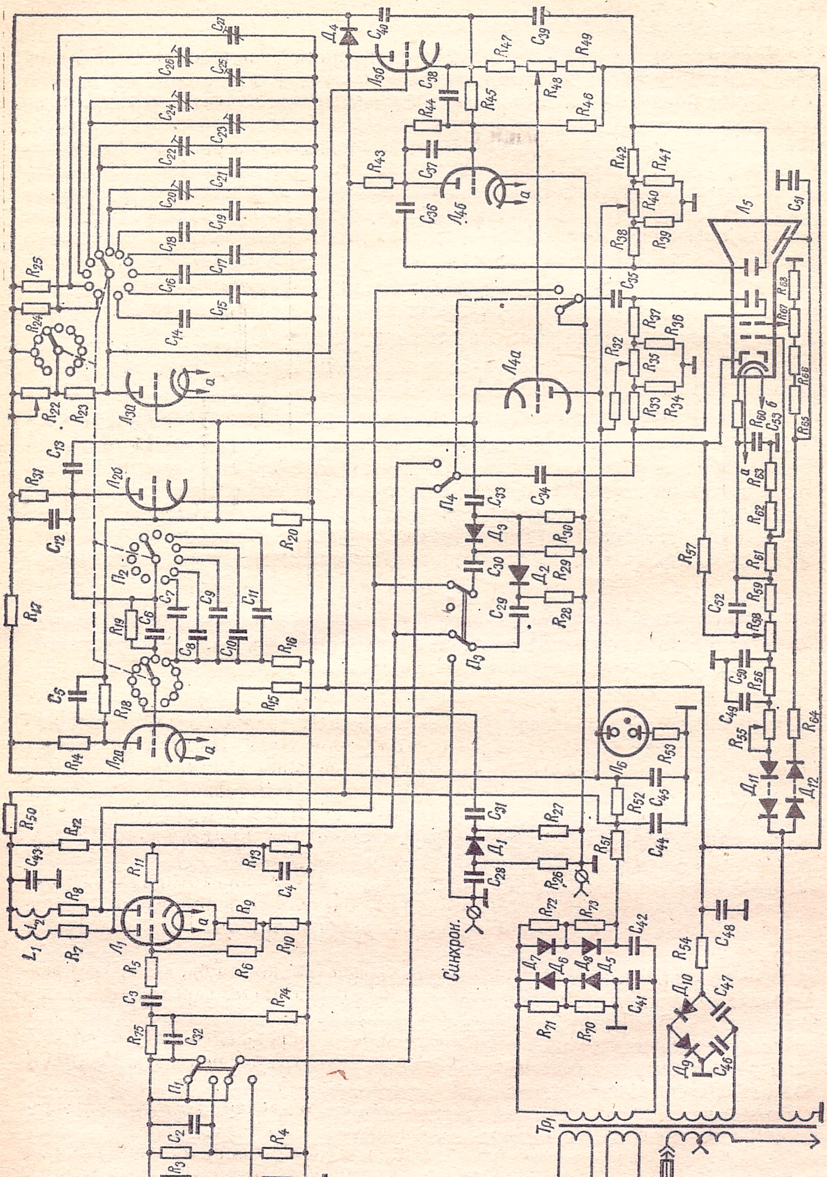

Вход Y
Синхрон.
Тр1
П1
П2
П3
П4
П5
Л1
Л2а
Л2б
Л3а
Л3б
Л4а
Л4б
Л5
Л6
Д1
Д4
Д11
Д12
L1
L2
а
б

Рис. 129. Принципиальная схема прибора С1-6.

Блок разверток состоит из генератора развертки, мультивибратора, фиксатора амплитуды развертки, фазоинвертора.

Генератор развертки работает на лампе $Л_3$ по схеме генератора с токостабилизирующим двухполюсником (лампа $Л_{3б}$ и конденсатор C_{40}).

В качестве развертывающего напряжения используется напряжение заряда конденсаторов C_{14} — C_{27} в зависимости от выбранной частоты и вида развертки. Частота и вид развертки переключаются при изменении зарядной емкости переключателем $П_2$, ручка которого на передней панели обозначена «развертка». Частота непрерывной развертки плавно регулируется изменением величины зарядного сопротивления R_{22}, ручка которого обозначена «частота». Напряжение развертки снимается с нагрузки R_{47} — R_{49} катодного повторителя, работающего на лампе $Л_{3б}$. Со всей нагрузки напряжение развертки подается на одну горизонтально отклоняющую пластину непосредственно, на другую — через фазоинвертор, работающий на лампе $Л_{4б}$. С потенциометра R_{48} напряжение подается на фиксатор амплитуды развертки, работающий на лампе $Л_{4а}$. Лампа фиксатора амплитуды в нормальном состоянии заперта. Когда амплитуда пилообразного напряжения достигает установленной величины, лампа $Л_{4а}$ открывается и через мультивибратор, работающий на лампе $Л_2$, открывает разрядную лампу генератора ($Л_{3а}$). Начинается обратный ход развертки.

Мультивибратор работает на лампе $Л_2$ по схеме с двумя устойчивыми состояниями в режиме ждущей развертки и по схеме с одним устойчивым состоянием при непрерывной развертке.

При ждущей развертке мультивибратор переводится из одного состояния в другое импульсом от блока синхронизации. В исходном состоянии лампа $Л_{2а}$ заперта, $Л_{2б}$ — открыта. Синхронизирующий импульс переводит мультивибратор в другое состояние, обеспечивая запирание лампы генератора развертки $Л_{3а}$. Достигнув напряжения развертки установленной величины, фиксатор амплитуды ($Л_{4а}$) вернет мультивибратор в исходное состояние.

При непрерывной развертке в исходном состоянии лампа $Л_{2а}$ открыта, а лампа $Л_{2б}$ закрыта; генератор развертки вырабатывает напряжение развертки, пока фиксирующая схема не переведет мультивибратор в другое (временно устойчивое) состояние, продолжительность которого определяется постоянной времени цепи R_{16}, C_7 — C_{11}. Из одного режима в другой мультивибратор переводится одновременно с установкой частоты и вида развертки переключателем $П_2$.

В осциллографе применена трубка типа 7ЛО55. Напряжение подается на электроды трубки с делителя R_{58} — R_{68}, питаемого высоковольтными выпрямителями. Переменным сопротивлением R_{55} можно изменять выпрямленное напряжение, питающее электроды трубки, и тем самым регулировать ее чувствительность по отклонению луча (регулируется на заводе). Яркость регулируется потенциометром R_{58}, ручка которого обозначена «яркость, фокус», а фокусировка изображения — потенциометром R_{67} (на передней панели та же ручка).

Изображение на экране перемещается по вертикали и горизонтали потенциометром R_{35} и R_{40}. Для этой регулировки на переднюю панель выведена ручка, обозначенная «смещение луча».

Блок питания состоит из силового трансформатора $Тр_1$ и четырех выпрямителей. Для питания анодных цепей ламп служит низковольтный выпрямитель, собранный по схеме удвоения на германиевых диодах $Д_5$ — $Д_8$. Отрицательное напряжение снимается с выпрямителя, работающего по схеме удвоения на диодах $Д_9$, $Д_{10}$.

Высоковольтные выпрямители работают по схеме однополупериодного выпрямления на селеновых столбиках ($Д_{11}$ и $Д_{12}$).

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С1-6 приведена в табл. 61.

61. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С1-6

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МЛТ-0,5	0,51 МОм	R_{64}	МЛТ-0,5	0,18 МОм
R_2	МЛТ-0,5	0,62 МОм	R_{65}, R_{66}	МЛТ-0,5	0,62 МОм
R_3	МЛТ-0,5	0,56 МОм	R_{67}	СП-I-1-А	150 кОм
R_4	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{68}	МЛТ-0,5	0,18 МОм
R_5	МЛТ-0,5	300 Ом	R_{70}—R_{73}	МЛТ-0,5	0,12 МОм
R_6	МЛТ-0,5	0,62 МОм	R_{74}	МЛТ-0,5	3,3 МОм
R_7; R_8	МЛТ-0,5	6800 Ом	R_{75}	МЛТ-0,5	0,24 МОм
R_9	МЛТ-0,5	300 МОм	C_1, C_2	КПК-1	8—30 пФ
R_{10}	МЛТ-0,5	2200 МОм	C_3, C_4	КБГ-И	0,01 мкФ
R_{11}	МЛТ-0,5	300 МОм	C_5	КТК-1а-М	30 пФ
R_{12}	МЛТ 0,5	0,56 МОм	C_6	КТК-1а-М	18 пФ
R_{13}, R_{14}	МЛТ-0,5	56 кОм	C_7	КТК-1а-М	30 пФ
R_{15}	МЛТ-0,5	0,56 МОм	C_8	КТК-1а-М	62 пФ
R_{16}	МЛТ-0,5	0,24 МОм	C_9	КСО-2	240 пФ
R_{17}	МЛТ-0,5	5600 Ом	C_{10}	КСО-2	820 пФ
R_{18}	МЛТ-0,5	0,24 МОм	C_{11}	КСО-5	3000 пФ
R_{19}	МЛТ-0,5	0,36 МОм	C_{12}	КСО-2	360 пФ
R_{20}	МЛТ-0,5	0,2 МОм	C_{13}	КСО-8	20400 пФ
R_{22}	СП-I-1-А	4,7 МОм	C_{14}	КТК-2а-Д	100 пФ
R_{23}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{15}	КСО-2	470 пФ
R_{24}	МЛТ-0,5	56 кОм	C_{16}	КСО-5	1500 пФ
R_{25}	МЛТ-0,5	0,51 МОм	C_{17}	КСО-5	5100 пФ
R_{26}—R_{30}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{18}	КБГ-И	15000 пФ
R_{31}	МЛТ-0,5	0,12 МОм	C_{19}	КСО-2	1000 пФ
R_{32}	МЛТ-0,5	0,3 МОм	C_{20}	КПК-1	8—30 пФ
R_{33}	МЛТ-0,5	3,3 МОм	C_{21}	КСО-2	300 пФ
R_{34}	МЛТ-0,5	1,0 МОм	C_{22}	КПК-1	8—30 пФ
R_{35}	СП-I-1-А	470 кОм	C_{23}	КСО-1	62 пФ
R_{36}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{24}	КПК-1	8—30 пФ
R_{37}, R_{38}	МЛТ-0,5	3,3 МОм	C_{25}—C_{27}	КПК-1	4—15 пФ
R_{39}	МЛТ-0,5	0,56 МОм	C_{28}	КСО-2	560 пФ
R_{40}	СП-I-1-А	1 МОм	C_{29}—C_{31}	КТК-1а-Д	62 пФ
R_{41}	МЛТ-0,5	0,56 МОм	C_{32}, C_{33}	КТК-1а-Д	82 пФ
R_{42}	МЛТ-0,5	3,3 МОм	C_{34}, C_{35}	КБГ-И	0,05 мкФ
R_{43}	МЛТ-1	27 кОм	C_{36}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{44}, R_{45}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{37}	КТК-1а-М	10 пФ
R_{46}	МЛТ-0,5	0,33 МОм	C_{38}	КПК-1	8—30 пФ
R_{47}	МЛТ-0,5	20 кОм	C_{39}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{48}	СП-I-1-А	10 кОм	C_{40}	МГБП-2	0,25 мкФ
R_{49}	МЛТ-0,5	10 кОм	C_{41}, C_{42}	МГБП-2	0,5 мкФ
R_{50}	МЛТ-0,5	4,7 кОм	C_{43}—C_{45}	МБГО-2	4 мкФ
R_{51}	МЛТ-2	1,8 кОм	C_{46}, C_{47}	МБГО-2	1 мкФ
R_{52}	МЛТ-0,5	5,6 кОм	C_{48}	МБГО-2	4 мкФ
R_{53}	МЛТ-0,5	0,12 МОм	C_{49}—C_{53}	КБГ-ИП-2В	0,1 мкФ
R_{54}	МЛТ-0,5	2 кОм	L_1—L_2	—	720 мкГ
R_{55}	СП-I-1-А	100 кОм	$Л_1$—$Л_4$	6Н3П	—
R_{56}	МЛТ-0,5	56 кОм	$Л_5$	7ЛО55	—
R_{57}	МЛТ-0,5	1 МОм	$Л_6$	МН-5	—
R_{58}	СП-I-1-А	150 кОм	$Д_1$—$Д_4$	ДГ-Ц6	—
R_{59}	МЛТ-0,5	56 кОм	$Д_5$—$Д_8$	ДГ-Ц24	—
R_{60}	МЛТ-0,5	0,12 МОм	$Д_9$, $Д_{10}$	ДГ-Ц6	—
R_{61}	МЛТ-0,5	0,2 МОм	$Д_{11}$, $Д_{12}$	АВС-1-1000	—
R_{62},R_{63}	МЛТ-0,5	0,62МОм			

Подготовка осциллографа к работе

В комплект прибора входит собственно осциллограф, выносной делитель, соединительные кабели (3 шт.). Выносной делитель, соединительные кабели и шнур питания хранятся в отсеке за задней крышкой. Все элементы управления выведены на переднюю панель осциллографа (рис. 130).

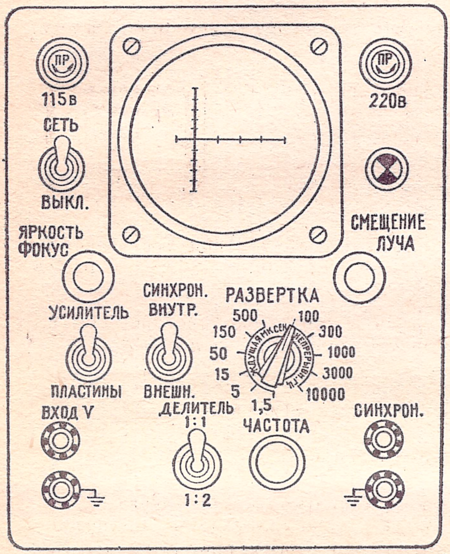


Рис. 130. Вид передней панели прибора С1-6.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в том, что предохранитель установлен в гнездо, соответствующее напряжению сети. При напряжении 115 В предохранитель должен быть установлен в гнездо «115 в», при напряжении 220 В — в гнездо «220 в».

2. Переключатель сети установить в положение «выкл.».

3. Подключить кабель питания к сети.

4. Вывести потенциометр «яркость» в крайнее левое положение (не нажимая ручку).

5. Включить питание, переведя переключатель сети в положение «сеть» (при этом должна загореться сигнальная лампочка), и дать прибору прогреться в течение нескольких минут.

6. Ручкой «яркость, фокус» отрегулировать яркость и фокус изображения. Для фокусировки изображения необходимо вращать ручку, предварительно нажав ее.

7. Ручкой «смещение луча» установить световое изображение в требуемое положение. Изображение по горизонтали смещается без нажатия ручки, по вертикали — вращением ручки после нажатия ее.

Выбор режима работы

Режим работы осциллографа определяется видом и частотой развертки, видом синхронизации, ослаблением сигнала и соединением с исследуемой схемой. Если некоторые из этих условий неизвестны, то необходимо путем ряда проб определить, какой режим является наилучшим для исследования данного сигнала.

Частота развертки. При выборе развертки следует помнить, что непрерывная развертка обычно используется для наблюдения синусоидальных колебаний или колебаний другой формы, а ждущая развертка служит для наблюдения импульсных сигналов. Вид развертки в осциллографе С1-6 устанавливается переключателем «развертка».

Частота развертки выбирается с таким расчетом, чтобы на экране были видны все детали исследуемого сигнала. Изображение сигнала по горизонтали должно занимать возможно большую часть экрана. Увеличение частоты развертки увеличивает протяженность изображения по горизонтали.

Необходимая частота непрерывной развертки устанавливается переключателем «развертка». Плавное изменение частоты достигается ручкой «частота». Длительность ждущей развертки устанавливается только переключателем «развертка».

Синхронизация развертки. Чаще всего удобно синхронизировать развертку исследуемым сигналом. Для этого переключатель синхронизации следует поставить в положение «внутр.».

Если исследуемый сигнал недостаточен по амплитуде или непригоден по форме, то применяется внешняя синхронизация. Для этого переключатель устанавливается в положение «внешн.», а выход источника синхронизирующего напряжения соединяется с гнездами «синхрон.».

Величина синхронизирующего напряжения от внешнего источника должна быть 20—50 В (для запуска ждущей развертки).

Ослабление сигнала. При работе с осциллографом С1-6 необходимо помнить, что усилитель осциллографа можно использовать при малых входных напряжениях сигнала (2—10 В). При больших уровнях напряжения сигнал следует подавать на пластины трубки через клеммы «вход». Сигнал подается на усилитель или на пластины переключателем «усилитель—пластины».

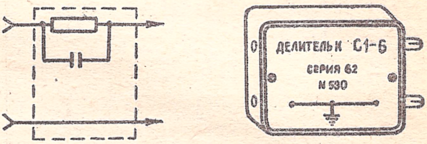


Рис. 131. Схема и вид выносного делителя.

При напряжении от 200 до 1500 В сигнал подается на осциллограф через выносной делитель. Вид и схема выносного делителя приведены на рис. 131.

Работа с осциллографом при различных режимах

Для работы со ждущей разверткой необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель «развертка» установить в положение «500 мксек».

3. Установить переключателем выбранный вид синхронизации. При внешней синхронизации подключить источник синхронизирующего напряжения к гнездам «синхрон.».

4. Установить переключатель делителя в положение «1 : 2».

5. Установить переключатель «усилитель — пластины» в положение «пластины». Если после этого изображение на экране трубки мало, то переключатель делителя перевести в положение «1 : 1». Если и это не помогает, то перевести переключатель «усилитель — пластины» в положение «усилитель».

6. Подобрать длительность развертки для получения изображения, удобного для наблюдения.

Для работы с непрерывной разверткой необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Установить переключателем разверток требуемую частоту развертки. Ручкой «частота» плавно отрегулировать частоту развертки.

3. Переключатель синхронизации установить в положение «внутр.». Внешняя синхронизация при непрерывной развертке применяется крайне редко.

4. Выполнить пп. 4, 5, 6 для работы с ждущей разверткой.

5. Переключателем «развертка» и ручкой «частота» получить изображение, удобное для наблюдения.

Для определения длительности импульсов необходимо:

1. На экране трубки получить изображение всего импульса, удобное для наблюдения.

2. Определить длительность импульса по временному масштабу развертки. Для нахождения масштаба развертки длительность развертки (определяется положением переключателя «развертка») необходимо разделить на число делений масштабной сетки (пять), и по цене делений определить длительность импульса или его частей. Следует помнить, что импульсы, короче 0,5 мкс, искажаются усилителем осциллографа.

Погрешность измерений длительности импульса тем меньше, чем большую часть развертки он занимает.

Измерение амплитуды сигнала. Амплитуду сигнала определяют по известной чувствительности трубки. Масштабная сетка по вертикали имеет цену деления 20 В.

Для определения амплитуды импульса необходимо умножить величину изображения (в делениях) на цену деления масштабной сетки. Результаты такого измерения будут соответствовать действительности при подаче сигнала на пластины и при установке переключателя делителя в положение «1 : 1».

При пропускании сигнала через усилитель его амплитуда определяется делением результата измерений, полученного, как указано выше, на коэффициент усиления (см. паспорт к осциллографу). Погрешность измерения при этом увеличивается.

При пользовании выносным делителем амплитуда импульса в 20 раз больше определенной обычно. Следует помнить, что это справедливо лишь при установке переключателя делителя в положение «1 : 2».

Основные характеристики приборов для наблюдения, измерения и исследования формы сигнала и спектра (модулометры и девиометры) приведены в табл. 62.

62. Приборы для наблюдения, измерения и исследования формы сигналов и спектра (модулометры и девиометры)

Тип прибора	Диапазон несущих частот, МГц	Диапазон модулирующих частот, кГц	Погрешность измерения, %
С2-2	1— 400	0,05— 10	2
С2-3	100— 680	0,5 —180	2
С2-5	0,08— 180	0,05— 10	3
С2-6	0,15— 300	0,05— 20	5
С2-7	180—1500	0,05—500	2— 4
С2-8	600—1000	0,05—500	10
С3-1	18— 200	—	5—10
С3-2	70— 700	—	5—10
С3-3	0,15— 30	—	6
С3-4	20— 250	—	6
С3-5	250—1000	—	6

ИЗМЕРИТЕЛИ КОЭФФИЦИЕНТА АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Измеритель коэффициента амплитудной модуляции С2-2

Предназначен для измерения коэффициента амплитудно-модулированных колебаний, уровня фона и нелинейных искажений (с использованием С6-1) в лабораторных и цеховых условиях. Прибор С2-2 заменяет измеритель модуляции ИМ-8.

Основные технические характеристики

1. Диапазон измерений по высокой (несущей) частоте 1—400 МГц.
2. Диапазон измерений по звуковой (модулирующей) частоте 50—10000 Гц.
3. Величина измеряемой глубины модуляции от 1 до 100% «вниз» и от 1 до 110% «вверх» измеряется раздельно.

4. Основная погрешность измерения глубины модуляции на частоте 400 и 1000 Гц не превышает ± 2% от номинала шкалы.

5. Вход прибора — стандартная коаксиальная фишка.

6. Минимальное входное напряжение, необходимое для нормальных измерений, не менее 5 В в диапазоне от 10 до 180 МГц и не менее 12 В в остальных частях общего диапазона.

7. Максимальное входное напряжение на частоте 10 МГц с выключенным эквивалентом не более 20 В.

8. Неравномерность частотной характеристики в диапазоне от 50 Гц до 10 кГц не более ±0,25 дБ относительно частоты 1000 Гц.

9. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127, 220 В ±10% или частотой 400 Гц напряжением 115 В ±3%. Потребляемая мощность от сети около 50 ВА.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора (рис. 132) содержит детектор высокой частоты с фильтром высокой частоты, усилитель низкой частоты, вольтметр, выпрямитель.

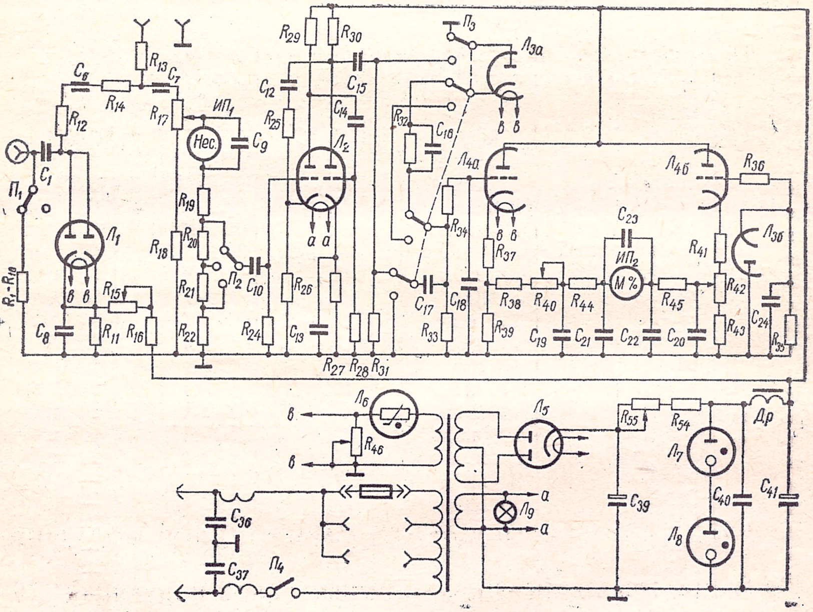

R_{13}
C_6
C_7
R_{14}
R_{12}
R_{17}
$ИП_1$
Нес.
C_9
C_1
$П_1$
$Л_1$
R_1-R_{10}
в в
R_{15}
C_8
R_{11}
R_{16}
R_{19}
R_{20}
R_{18}
R_{21}
R_{22}
$П_2$
C_{10}
R_{29}
R_{30}
C_{12}
C_{15}
C_{14}
R_{25}
$Л_2$
а а
R_{26}
R_{24}
C_{13}
R_{27}
R_{28}
R_{31}
$П_3$
$Л_{3а}$
в в
R_{32}
C_{16}
$Л_{4а}$
R_{34}
C_{17}
C_{18}
R_{33}
в в
R_{37}
R_{38}
R_{40}
R_{44}
R_{39}
C_{19}
C_{21}
C_{22}
C_{20}
C_{23}
$ИП_2$
М%
R_{45}
$Л_{4б}$
R_{36}
R_{41}
$Л_{3б}$
R_{42}
R_{43}
C_{24}
R_{35}
$Л_6$
в
R_{46}
в
$Л_5$
R_{55}
R_{54}
Др
$Л_7$
C_{40}
C_{41}
C_{39}
$Л_8$
C_{36}
C_{37}
$П_4$
$Л_9$
а
а

Рис. 132. Принципиальная схема прибора С2-2.

Детектор высокой частоты работает на лампе $Л_1$. Модулированное колебание высокой частоты подводится к детектору через гнездо «вход ВЧ», выведенное на переднюю панель. В результате детектирования после фильтра (R_{12}, R_{14} и C_6, C_7) через нагрузку R_{17}, R_{18} проходит пульсирующий ток, постоянная составляющая которого пропорциональна уровню несущей, а переменная — уровню огибающей модулированного напряжения.

Постоянная составляющая тока измеряется индикатором уровня несущей $ИП_1$ и устанавливается потенциометром R_{17}, ручка которого на передней панели обозначена «установка несущей». Рабочая точка диода детектора устанавливается напряжением, снимаемым с сопротивления R_{11} за счет тока от выпрямителя.

При исследовании маломощных передатчиков к входному гнезду подключается эквивалент антенны R_1 — R_{10} (50 Ом) с помощью переключателя $П_1$, ручка которого на передней панели обозначена «эквивалент».

Продетектированное напряжение через гнезда $К_1$, $К_2$ подается на измеритель нелинейных искажений. Пульсирующее напряжение с потенциометра R_{17} подается на делитель R_{19} — R_{22}. Переменная составляющая этого напряжения через переключатель пределов измерения $П_2$ подается на усилитель низкой частоты. Ручка переключателя пределов измерения выведена на переднюю панель и обозначена «модуляция».

63. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С2-2

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1—R_{10}	МЛТ-2	620 Ом	R_{46}	ПЭВ-15	100 Ом
R_{11}	ВС-0,5	100 Ом	R_{54}	ПЭВ-20	7,5 кОм
R_{12}	ВС-2	1 кОм	R_{55}	Проволочный	750 Ом
R_{13}	ВС-0,5	10 кОм	C_1	КСО-2	100 пФ
R_{14}	ВС-0,5	1 кОм	C_6, C_7	КТП-4	100 пФ
R_{15}	СП-I-1-А	470 кОм	C_8, C_9	КСО-5	10000 пФ
R_{16}	ВС-1	100 кОм	C_{10}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{17}	СП-I-1-А	15 кОм	C_{12}	КБГ-М2	0,25 мкФ
R_{18}	ВС-0,5	2 кОм	C_{13}	КБГ-И	0,01 мкФ
R_{19}	ВС-0,5	7,5 кОм	C_{14}	КБГ-И	0,05 мкФ
R_{20}	Проволочный	14,4 кОм	C_{15}, C_{16}	КБГ-М2	0,25 мкФ
R_{21}, R_{22}	ВС-0,5	1,8 кОм	C_{17}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{24}	ВС-0,5	3 МОм	C_{18}	КСО-5	6800 пФ
R_{25}	ВС-1	120 кОм	C_{19}—C_{22}	КТП-6	300 пФ
R_{26}	ВС-0,5	1,6 кОм	C_{23}	КСО-5	10000 пФ
R_{27}	ВС-0,5	1 кОм	C_{24}	КСО-5	1000 пФ
R_{28}	ВС-0,5	820 кОм	C_{36}, C_{37}	КСО-5	6800 пФ
R_{29}, R_{30}	ВС-1	120 кОм	C_{39}	КЭ-2	20 мкФ
R_{31}, R_{32}	ВС-0,25	200 кОм	C_{40}	КБГ-МП	0,5 мкФ
R_{33}	ВС-0,5	2 МОм	C_{41}	КЭ-2	20 мкФ
R_{34}	ВС-0,5	34 МОм	$Л_1$	6Х2П	—
R_{35}	ВС-0,5	20 МОм	$Л_2$	6Н9С	—
R_{36}	ВС-0,5	2,4 МОм	$Л_3$	6Х6С	—
R_{37}	ВС-0,5	20 кОм	$Л_4$	6Н9С	—
R_{38}, R_{39}	ВС-0,5	10 кОм	$Л_5$	6Ц5С	—
R_{40}	СП-II-1-А	4,7 кОм	$Л_6$	1Б5-9	—
R_{41}	ВС-0,5	18 кОм	$Л_7$	СГ3С	—
R_{42}	Проволочный	10 кОм	$Л_8$	СГ4С	—
R_{43}	ВС-1	3 кОм	»	МН-14	6,3В; 0,28А
R_{44}, R_{45}	ВС-1	1 кОм	$ИП_1$, $ИП_2$	Микроамперметр	200 мкА; 160 Ом

Двухкаскадный усилитель низкой частоты работает на лампе $Л_2$ по схеме на RC с обратной связью по цепи R_{25}, R_{26} и C_{12}. На выходе усилителя амплитуда напряжения огибающей измеряется пиковым ламповым вольтметром, работающим на лампах $Л_3$ и $Л_4$. На половине лампы $Л_{3б}$ — схема компенсации начального тока основного диода.

Продетектированное напряжение воздействует на сетку лампы $Л_{4а}$, являющейся вместе с сопротивлением R_{37} плечом моста, в диагональ которого включен индикатор измерителя модуляции $ИП_2$. Шкала его проградуирована в процентах глубины модуляции. Для измерения положительной («вверх») и отрицательной («вниз») амплитуды вольтметр переключается переключателем $П_3$, ручка которого выведена на переднюю панель.

Выпрямитель работает на лампе $Л_5$ со стабилизацией напряжения на лампах $Л_7$ и $Л_8$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С2-2 приведена в табл. 63.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 133).

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения предохранителя силового трансформатора необходимому напряжению.
2. Установить переключатель сети в положение выключено.

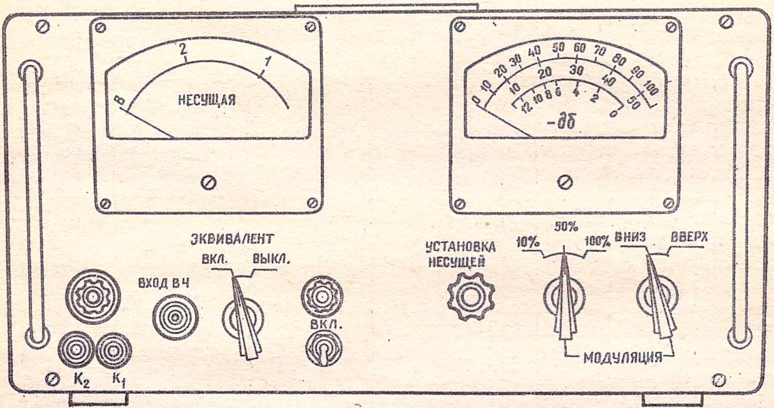


Рис. 133. Вид передней панели прибора С2-2.

3. Подключить кабель питания к сети.
4. Включить питание прибора, переведя переключатель сети в положение «вкл.» (при этом должна загореться сигнальная лампочка), и дать прибору прогреться в течение 3—5 мин.
5. Установить ручку «установка несущей» в крайнее положение — при этом стрелка прибора «несущая» должна стать против риски «В».
6. Если после включения стрелка индикатора измерителя модуляции отходит от нулевого положения, следует установить нуль отверткой, повернув ось переменного сопротивления R_{42} через отверстие на задней стенке.

Калибровка прибора

После длительной эксплуатации (2—3 мес.), а также, когда показания прибора вызывают сомнение или нужна повышенная точность измерений, следует произвести калибровку прибора. Для этого необходимо:

1. На вход прибора подвести модулированное напряжение несущей частоты больше 10 МГц с амплитудой порядка 30 В.

2. По осциллографу установить глубину модуляции 100% с заведомой отсечкой нижнего полупериода огибающей.

3. Переключатель модуляции на приборе установить в положение «вниз». При этом стрелка индикатора модуляции должна показать $M = 100 \mp 1{,}5\%$. Если стрелка не устанавливается в указанное положение, то отверткой установить стрелку прибора, вращая ось переменного сопротивления R_{40} через отверстие «калибровка», находящееся сбоку прибора (справа).

Измерение глубины модуляции

Для измерения модуляции УКВ передатчиков мощностью до 12 Вт необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить переключатель пределов измерения в положение «100%».
3. Установить переключатель «эквивалент» в положение «вкл.».
4. Подключить исследуемый передатчик к входу прибора с помощью фидера.
5. Ручкой «установка несущей» установить стрелку прибора на «1».
6. По индикатору отсчитать глубину модуляции, переключая шкалы при необходимости ручкой «модуляция».

Примечание. Если стрелку индикатора не удается установить на «1» (из-за малой мощности), то измерение можно производить после установки стрелки индикатора на «2». Погрешности измерений при этом возрастают.

Для измерения модуляции УКВ передатчиков мощностью от 12 до 100 Вт необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить переключатель пределов измерения в положение «100%».
3. Установить переключатель «эквивалент» в положение «выкл.».
4. Подключить к входу прибора переходный тройник. В соответствующие гнезда тройника включить: с одной стороны внешний эквивалент антенны, придаваемый к передатчику, с другой — передатчик через фидер антенны.
5. Измерить глубину модуляции согласно пп. 5, 6 для УКВ передатчиков мощностью до 12 Вт.

Модуляция УКВ передатчиков мощностью более 100 Вт измеряется аналогично предыдущим измерениям, за исключением п. 4, который следует выполнять следующим образом. В фидер антенны исследуемого передатчика включить коаксиальный разъем. К входу прибора подключить коаксиальный или двухпроводный кабель связи, штепсели на концах кабеля вставить в гнезда коаксиального разъема. При этом штепсель с длинным концом вставить в изолированное от корпуса гнездо.

Модуляция КВ передатчиков измеряется аналогично, за исключением п. 4, который следует выполнять следующим образом. Подключить к входу прибора двухпроводный высокочастотный кабель, на штепсели надеть зажимы; присоединить зажимы к антенне или ее эквиваленту так, чтобы получить достаточное отклонение стрелки индикатора «несущая».

Измерение уровня фона или паразитной модуляции передатчиков

В передатчике устанавливается глубина модуляции 100%. Затем модуляция передатчика снимается и оставшаяся паразитная модуляция (фон переменного тока) измеряется на шкале (обычно) 10%.

Уровень фона и паразитной модуляции можно измерять в децибелах. При отсчете в децибелах точка «100%» принимается за 0 дБ (нулевой уровень). При отсчете по шкале «модуляция 10%» к отсчету по шкале «дб» добавляется 20 дБ; при отсчете по шкале 100% берутся показания индикатора модуляции по шкале «дб».

Измерение коэффициента нелинейных искажений

Для измерения коэффициента нелинейных искажений необходимо к клеммам K_1 и K_2 подключить измеритель нелинейных искажений (например, С6-1) и по инструкции измерить коэффициент нелинейных искажений. В этом случае прибор служит детектором высокочастотных колебаний.

Основные характеристики приборов для наблюдения, измерения и исследования формы сигнала и спектра (анализаторы спектра) приведены в табл. 64, основные характеристики измерителей коэффициента нелинейных искажений — в табл. 65.

64. Приборы для наблюдения, измерения и исследования формы сигнала и спектра (анализаторы спектра и гармоник)

Тип прибора	Диапазон частот	Погрешность по частоте, %	Погрешность по амплитуде, %
С4-1	2,5—3,75 ГГц	2	—
С4-2	8,8—9,7 ГГц	15	—
СК4-3	20—20000 Гц	10	10
С4-5	30—11500 МГц	15	10—20
С4-7	20 Гц—20 кГц	10	5
С4-8	20 кГц—30 МГц	5	20
С4-9	50 МГц—1,4 ГГц	3	0—20
С4-10	75—500 кГц	5	20
С4-12	20—500 кГц	5	20
С4-13	0,5—600 кГц	2	20
С5-1	0,1—20 кГц	2—3	5
С5-2	15—200 кГц	0,03—100 Гц	20—60
С5-3	10 Гц—20 кГц	0,01—5 Гц	20—40

65. Измерители коэффициента нелинейных искажений

Тип прибора	Диапазон частот	Предел измерения K, %	Погрешность измерения, %
С6-1	20 Гц—20 кГц	0,1—30	15
С6-3	10—1000 кГц	1—50	15

АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА

Анализатор спектра С4-5

Предназначен для исследования спектров периодически повторяющихся радиоимпульсов и других периодических процессов на радиочастотах в лабораторных условиях и в условиях ремонтных органов.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот от 30 до 11500 МГц разбит на следующие поддиапазоны:
I — 30 — 1050 МГц;
II — 1000 — 4300 МГц;
III — 4250 — 7950 МГц;
IV — 7900 — 11500 МГц.

2. Максимальная полоса частот, просматриваемых на экране анализатора по поддиапазонам, составляет:
I — 15 МГц;
II — 50 МГц;
III — 75 МГц;
IV — 100 МГц.

3. Чувствительность прибора по монохроматическому сигналу при отношении его к шумам на экране ЭЛТ, равном единице, 10^{-7} — 10^{-8} Вт.

4. Максимальная входная пиковая мощность 0,5 Вт при средней мощности 20 мВт; при введенном входном аттенюаторе — 5 мВт при средней мощности 200 мкВт.

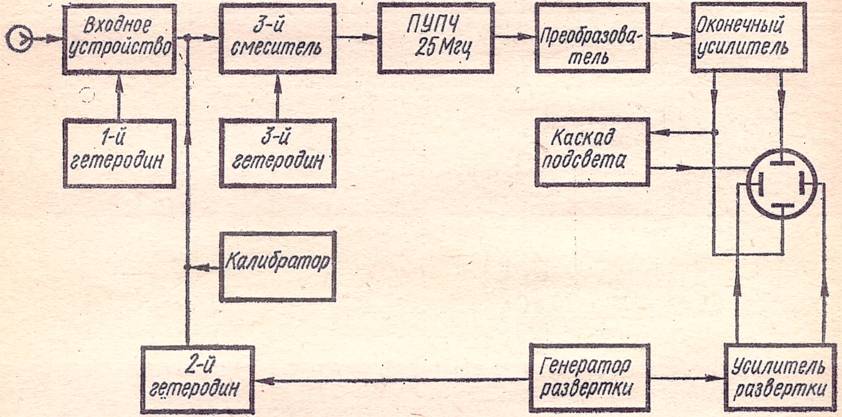


Рис. 134. Структурная схема прибора С4-5.

5. Вход прибора коаксиальный с волновым сопротивлением 50 Ом. К прибору придаются коаксиальный переход для подключения источников сигнала с волновым сопротивлением 75 Ом и коаксиально-волноводные переходы на волноводы с сечением 23 × 10 и 28,5 × 12,6 мм.

6. Входные аттенюаторы обеспечивают ослабление сигнала от 0 до 25 дБ.

7. В приборе имеется аттенюатор промежуточной частоты, позволяющий производить отсчет отношения мощностей сигналов на экране ЭЛТ в пределах 30 дБ с погрешностью не более ±1 дБ при превышении сигнала над шумами не менее чем 7 дБ.

8. Усилитель промежуточной частоты имеет две полосы пропускания: 25 и 250 кГц, что обеспечивает воспроизведение огибающей спектра с погрешностью не более ± 0,5 дБ для прямоугольного импульса длительностью менее 5 мкс.

9. Для определения ширины исследуемого спектра в приборе имеются калибрационные метки, частотный интервал между которыми плавно изменяется от 500 кГц до 6,5 МГц (по первой гармонике).

10. Погрешность определения частотных интервалов не более ±15%.

11. Основная погрешность градуировки шкалы частот первого гетеродина не более ± 2%.

12. Частота развертывающего напряжения ЭЛТ изменяется плавно от 2 до 50 Гц.

13. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 127/220 В ±10%. Потребляемая мощность не более 600 ВА.

14. Прибор сохраняет свои технические характеристики при температуре окружающей среды от 10 до 35° С и относительной влажности до 80% при 20° С.

15. Вес собственно прибора 65 кг, блока питания 35 кг; габаритные размеры 500 × 590 × 540 мм и 508 × 268 × 418 мм соответственно.

Схема прибора

Анализатор спектра С4-5 представляет собой супергетеродинный приемник с узкой полосой пропускания, с электронной перестройкой и электроннолучевым индикатором, позволяющим получить на экране ЭЛТ огибающую исследуемого спектра в координатах частота — мощность.

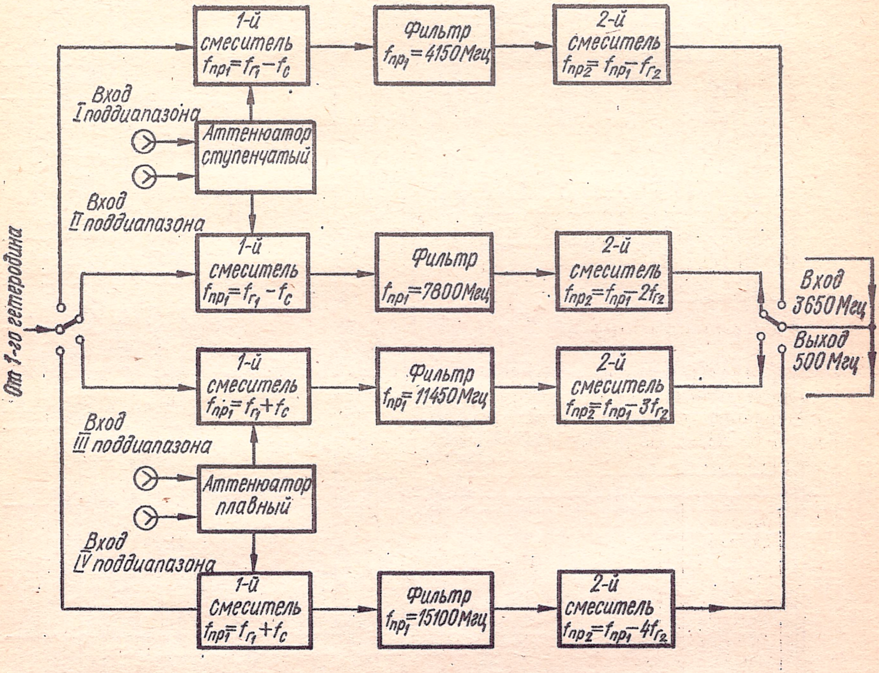

От 1-го гетеродина
1-й смеситель $f_{пр1}=f_{г1}-f_c$
Фильтр $f_{пр1}=4150$ Мгц
2-й смеситель $f_{пр2}=f_{пр1}-f_{г2}$
Вход I поддиапазона
Аттенюатор ступенчатый
Вход II поддиапазона
1-й смеситель $f_{пр1}=f_{г1}-f_c$
Фильтр $f_{пр1}=7800$ Мгц
2-й смеситель $f_{пр2}=f_{пр1}-2f_{г2}$
Вход 3650 Мгц
Выход 500 Мгц
1-й смеситель $f_{пр1}=f_{г1}+f_c$
Фильтр $f_{пр1}=11450$ Мгц
2-й смеситель $f_{пр2}=f_{пр1}-3f_{г2}$
Вход III поддиапазона
Аттенюатор плавный
Вход IV поддиапазона
1-й смеситель $f_{пр1}=f_{г1}+f_c$
Фильтр $f_{пр1}=15100$ Мгц
2-й смеситель $f_{пр2}=f_{пр1}-4f_{г2}$

Рис. 135. Структурная схема входного устройства прибора С4-5.

Структурная схема прибора С4-5 (рис. 134) состоит из входного устройства, 1-го гетеродина, 2-го гетеродина, 3-го смесителя, 3-го гетеродина предварительного усилителя промежуточной частоты (ПУПЧ), преобразователя оконечного усилителя, калибратора, генератора развертки, усилителя развертки, каскада подсвета и блока питания.

Структурная схема входного устройства (рис. 135) включает двухканальные аттенюаторы (ступенчатый и плавный), первые смесители, фильтры промежуточных частот и вторые смесители.

Принципиальные схемы высокочастотного и индикаторного блоков и блока питания приведены на рис. 136, 137, 138 соответственно.

Анализатор спектра работает следующим образом.

Исследуемый сигнал подается в соответствии с несущей частотой на один из четырех входов $Г_1 — Г_4$, которые на передней панели (рис. 139) имеют обозна-

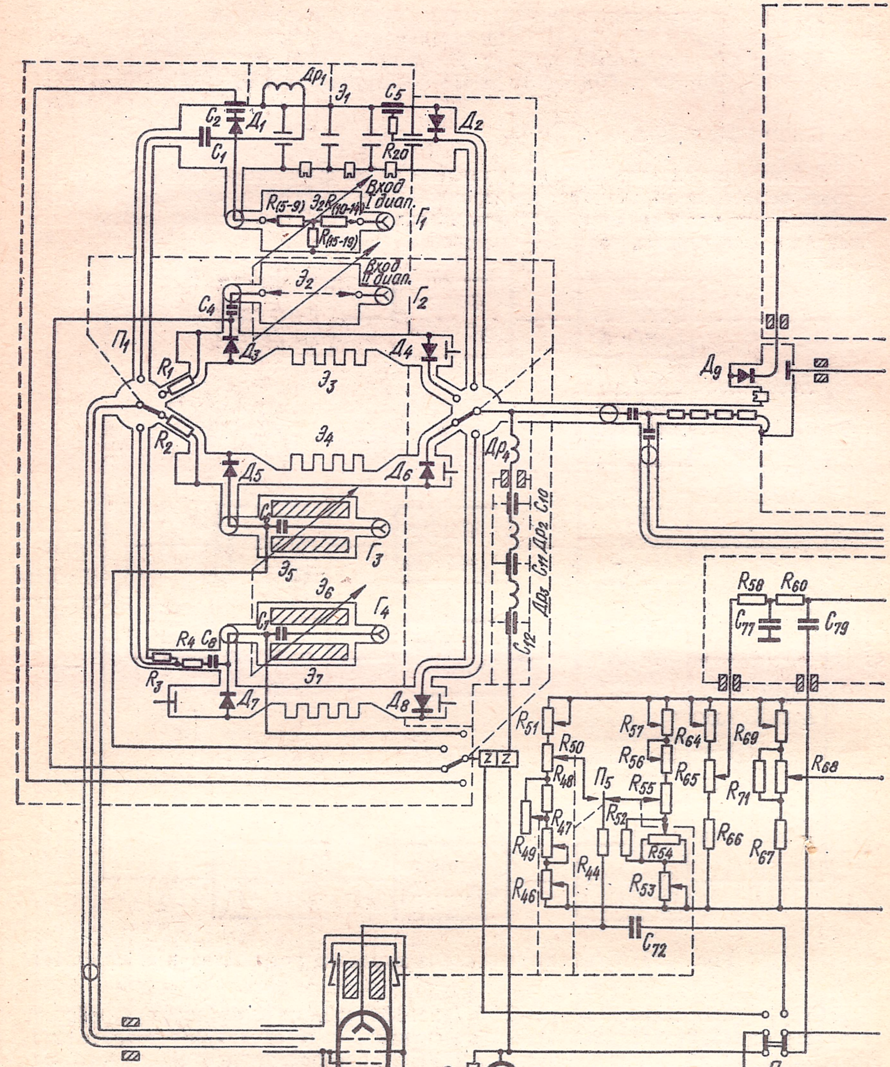
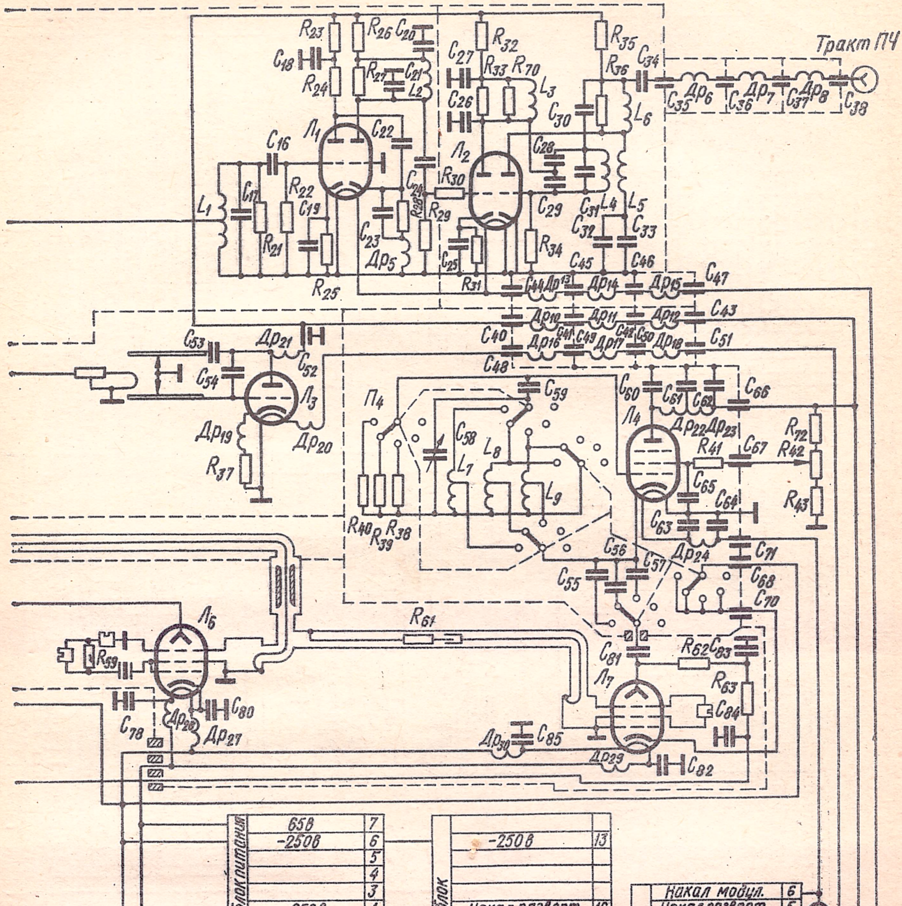

Др1
Э1
C5
Д1
C2
Д2
C1
R20
Вход
I диап.
R(5-9)
Э2
R(10-14)
R(15-19)
Г1
Вход
II диап.
Э2
Г2
C4
П1
R1
Д3
Д4
Э3
Э4
R2
Д5
Д6
C6
Г3
Э5
Э6
Г4
C7
R4
C8
R3
Д7
Э7
Д8
Др4
C10
Др2
C11
Др3
C12
Д9
R58
R60
C77
C79
R51
R50
R48
П5
R57
R64
R56
R65
R55
R69
R68
R71
R47
R52
R54
R49
R44
R66
R67
R53
R46
C72
Л5
R45
ИП
П6
C73
Др25
C75
C74
Др26
C76

Рис. 136. Принципиальная схема


Тракт ПЧ
Л1
Л2
Л3
Л4
Л6
Л7
Л8
П4
П7
L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
L8
L9
Др5
Др6
Др7
Др8
Др19
Др20
Др21
Др22
Др23
Др24
Др26
Др27
Др29
Др30
R61
R62
R63
R59
Ш1 Блок питания
65в 7
-250в 6
5
4
3
-950в 1
Корпус 2
Ш1 Индикаторный блок
-250в 13
Накал разверт. 16
Питание трубки 4
Накал разверт. 6
Накал в УС 11
Корпус общ. 10
Накал тиратрона 8
Накал тиратрона 7
Мод. клистр. 12
+150в 17
Накал УПЧ 15
Накал в УС 1
Питание трубки 3
Обл. генерации 2
Накал УПЧ 5
+450в 1
Ш2 Блок питания
Накал модул. 6
Накал разверт. 5
Питание трубки 4
Накал разверт. 2
Накал в УС 11
Корпус 1
Накал тиратр. 8
Накал тиратр. 7
12,8в 13
Анод 14
Накал УПЧ 9
Накал в УС 10
Тумблер сети 3
~220в 12
Накал УПЧ 16
Анод развертк. 15

высокочастотного блока прибора С4-5.

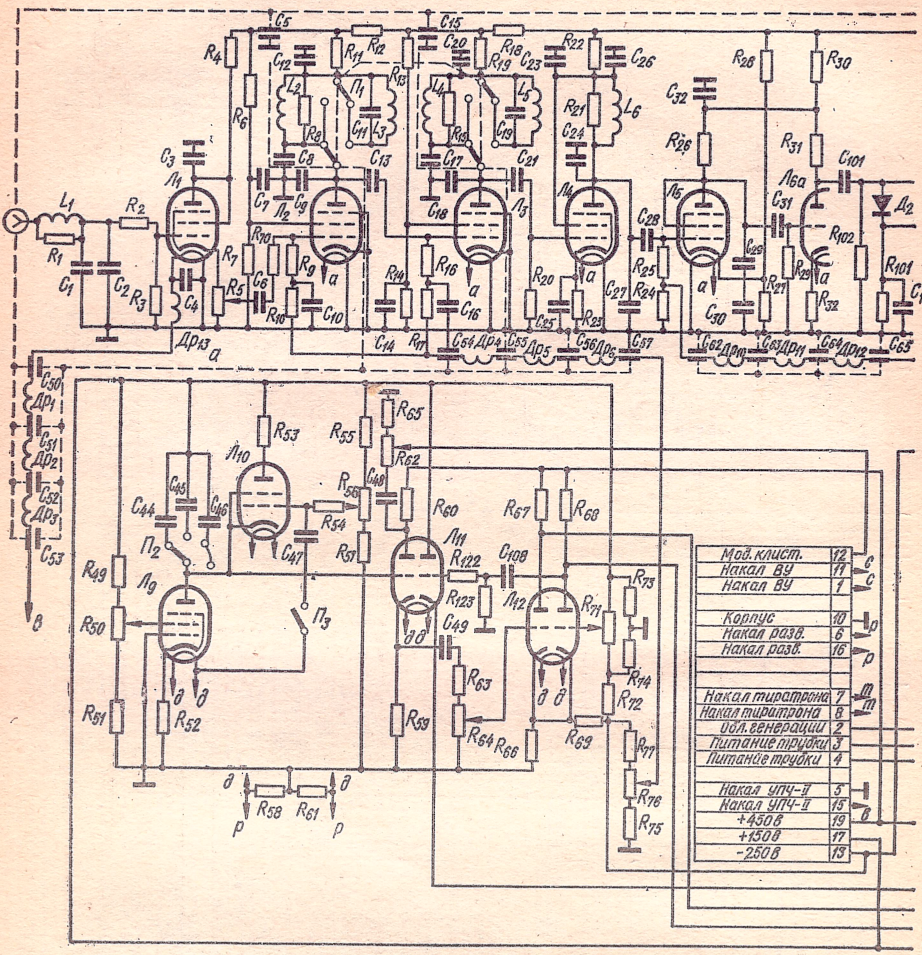
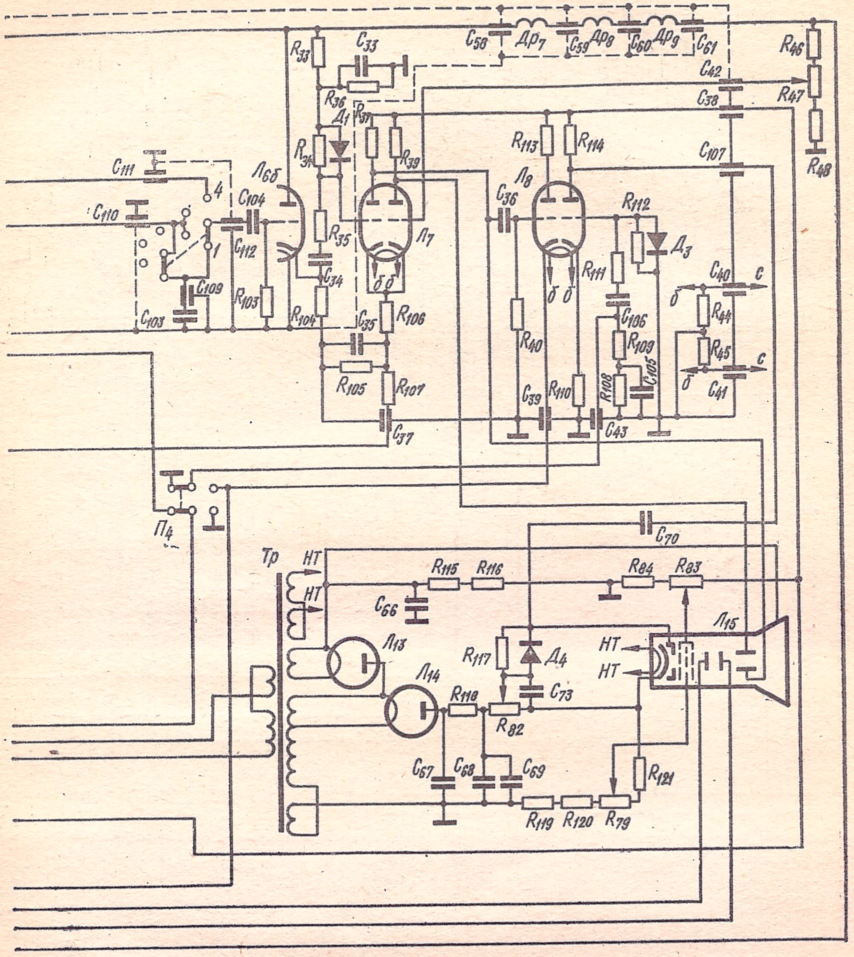

L1
R1
R2
C1
C2
R3
Л1
C3
R4
C4
Др13
a
R5
R6
R7
C5
C6
C7
C8
C9
Л2
R8
R9
R10
R11
R12
R13
C10
C11
C12
C13
L2
L3
П1
R14
C14
C15
R16
R17
R18
R19
C16
C17
C18
C19
C20
C21
C23
L4
L5
Л3
Др4
C54
C55
Др5
C56
Др6
C57
R20
R21
R22
R23
R24
R25
C24
C25
C26
C27
C28
L6
Л4
Л5
R26
R28
C29
C30
C31
C32
R27
R29
R30
R31
R32
Л6а
C101
Д2
R101
R102
C102
C62
Др10
C63
Др11
C64
Др12
C65
C50
Др1
C51
Др2
C52
Др3
C53
в
R49
R50
R51
Л9
R52
П2
C44
C45
C46
Л10
R53
C47
П3
R54
R55
R56
R57
C48
R58
R61
R60
R62
R65
Л11
R122
R123
C49
C108
R59
R63
R64
R66
R67
R68
Л12
R71
R72
R73
R74
R69
R77
R76
R75
д
р
Мод. клист. 12
Накал ВУ 11
Накал ВУ 1
Корпус 10
Накал разв. 6
Накал разв. 16
Накал тиратрона 7
Накал тиратрона 8
Обл. генерации 2
Питание трубки 3
Питание трубки 4
Накал УПЧ-II 5
Накал УПЧ-II 15
+450 в 19
+150 в 17
−250 в 13
с
т

Рис. 137. Принципиальная схема

чение «I», «II», «III» и «IV». Затем через ступенчатые $Э_2$ (на I, II поддиапазонах) или плавные $Э_5$, $Э_6$ (на III, IV поддиапазонах) аттенюаторы сигналы поступают на кристаллические смесители $Д_1$, $Д_3$, $Д_5$ или $Д_7$, на которые подаются колебания от 1-го гетеродина, работающего на клистроне $Л_5$ и определяющего частоту настройки. Изменение частоты 1-го гетеродина достигается перемещением Z-образного бесконтактного плунжера, изменяющего длину резонатора. Ручка этой регулировки имеет обозначение «частота». Для обеспечения работы генератора примерно в средине области генерации клистрона одновременно с изменением длины линии изменяется напряжение на отражателе клистрона при помощи потенциометров R_{50}, R_{55} и переменных сопротивлений R_{49}, R_{54}. При этом переключатель $П_5$ автоматически переключает зоны генерации клистрона в зависимости от генерируемой частоты, обеспечивая его нормальную работу.


С58
Др7
С59
Др8
С60
Др9
С61
R46
С42
R47
С38
R48
С107
R33
С33
R36
Д1
R37
R31
R39
R113
R114
С111
4
Л6б
С104
С110
1
С112
R35
Л7
Л8
С36
R112
Д3
С34
С109
R103
R111
С40
с
б
С103
R104
С35
R106
б б
б б
С106
R44
R109
R45
R40
С105
с
R105
R107
С39
R110
R108
б
С41
С43
С37
П4
С70
Тр
НТ
НТ
R115
R116
R84
R83
С66
Л15
Л13
R117
Д4
НТ
НТ
Л14
С73
R118
R82
С67
С68
С69
R121
R119
R120
R79

индикаторного блока прибора С4-5.

В систему питания клистрона введены дополнительные сдвоенные сопротивления R_{47}, R_{56}, ручка которых имеет обозначение «подстройка».

Мощность сигнала 1-го гетеродина, подводимая к первым смесителям, регулируется изменением глубины погружения штыря связи в резонатор гетеродина. Ручка этой регулировки, выведенная на переднюю панель, обозначена «ток детектора» и устанавливается по показаниям индикаторного прибора «ток детектора» (по установке стрелки в крайнем рабочем секторе).

Переключается гетеродин переключателем $П_1$, ручка которого на передней панели обозначена «диапазоны». Ручки ступенчатого и плавного аттенюаторов на передней панели имеют обозначение «аттен. ВЧ».

Сигналы первой промежуточной частоты через фильтры $Э_1$, $Э_3$, $Э_4$ или $Э_7$ подаются на вторые смесители, работающие на кристаллических диодах $Д_2$, $Д_4$,

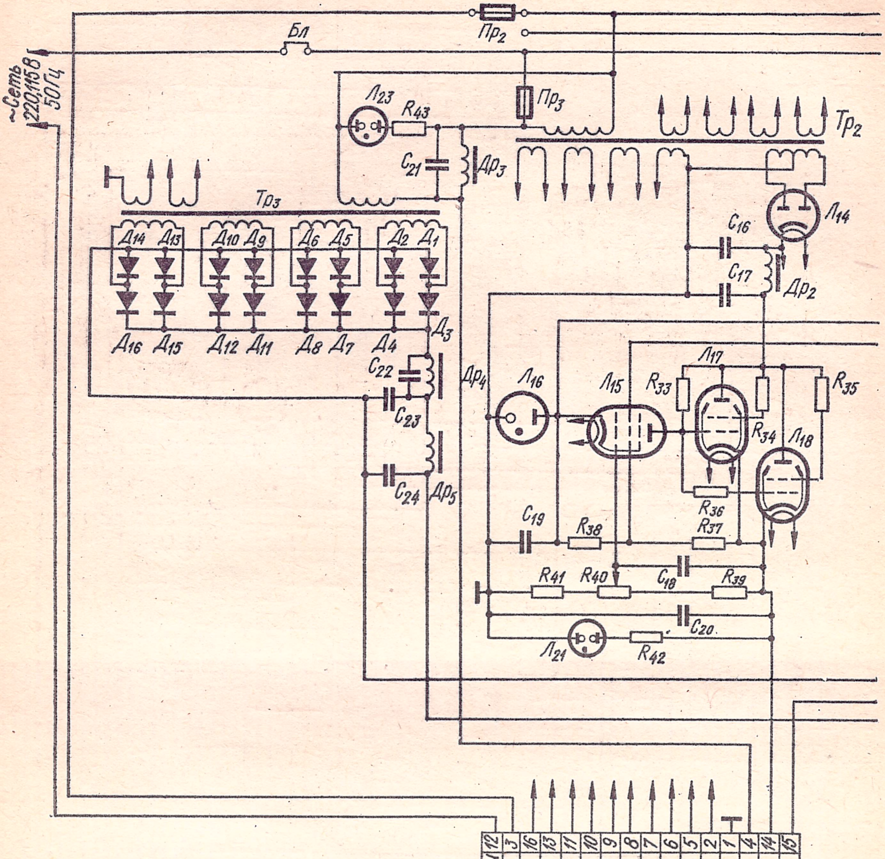
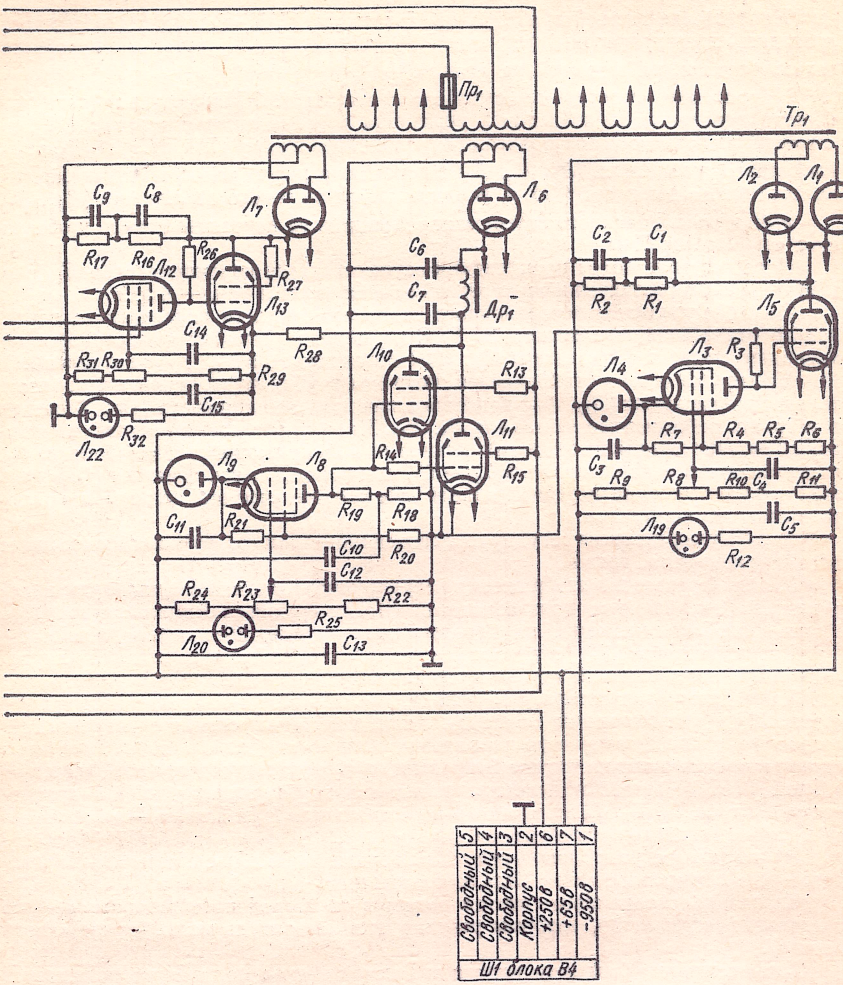

~Сеть 220,115 в 50 Гц
Бл
Пр2
Пр3
Л23
R43
C21
Др3
Тр2
Тр3
Д14
Д13
Д10
Д9
Д6
Д5
Д2
Д1
Д16
Д15
Д12
Д11
Д8
Д7
Д4
Д3
C22
C23
C24
Др5
Др4
Л16
Л15
Л17
R33
R34
R35
Л18
Л14
C16
C17
Др2
R36
C19
R38
R37
R41
R40
C18
R39
C20
Л21
R42
12 Тумблер сети
3 Тумблер сети
16 ~6,3в
13 ~12в
11 ~6,3в
10 ~6,3в
9 ~6,3в
8 ~6,3в
7 ~6,3в
6 ~6,3в
5 ~6,3в
2 ~6,3в
1 Корпус
4 ~220в
14 +150в
15 +450в
Ш2 блока В4

Рис. 138. Принципиальная схема

$Д_6$ и $Д_8$. На них же подаются колебания от второго гетеродина, работающего на лампе $Л_6$.

Для установки рабочей зоны генерации 2-го гетеродина напряжение постоянной составляющей тока 2-го смесителя через переключатель $П_1$, дроссель $Др_4$, фильтр C_{10}, $Др_2$, C_{11}, $Др_3$, C_{12} и переключатели $П_6$ в ВЧ блоке и $П_4$ в индикаторном блоке подается через усилитель вертикального отклонения ($Л_5$, $Л_6$, $Л_7$) на вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ.

Рабочая зона клистрона 2-го гетеродина устанавливается изменением напряжения на его отражателе при помощи потенциометра R_{65}, ручка которого на передней панели обозначена «смещение обл. генерации».


Пр1
Тр1
Л7
Л6
Л2
Л1
C9
C8
C6
C7
Др1
C2
C1
R17
R16
Л12
R26
R27
Л13
R2
R1
Л5
C14
R28
Л3
R3
Л4
R31
R30
R29
Л10
R13
C15
R32
Л22
Л11
R7
R4
R5
R6
Л9
Л8
R14
R15
C3
R9
R8
R10
C4
R11
C11
R21
R19
R18
C5
Л19
R12
C10
R20
C12
R24
R23
R22
R25
Л20
C13
5 Свободный
4 Свободный
3 Свободный
2 Корпус
6 +250в
7 +65в
1 -950в
Ш1 блока В4

блока питания прибора С4-5.

Переключатель $П_4$ имеет обозначение «спектр—обл. генерации 2 гетеродина».

Перестройка анализатора в области обзора осуществляется подачей от генератора ($Л_9$, $Л_{11}$) пилообразного напряжения на отражатель клистрона $Л_6$ через переключатель $П_6$. В другом положении переключателя $П_6$ это напряжение подается на отражатель клистрона 1-го гетеродина $Л_5$ для установки рабочей зоны по изображению на ЭЛТ при ремонте и регулировках прибора.

Сигнал второй промежуточной частоты (500 МГц) через фильтр в виде объемного резонатора подается на 3-й кристаллический смеситель на диоде $Д_9$, к которому подводятся колебания 475 МГц от 3-го гетеродина, работающего на лампе $Л_3$.

Напряжение третьей промежуточной частоты (25 МГц) подается через трехкаскадный предварительный усилитель ПЧ (лампы $Л_{1а}$, $Л_{1б}$ и $Л_{2а}$) на преобразователь частоты, работающий на лампе $Л_{2б}$.

Напряжение четвертой промежуточной частоты (3,5 МГц) через трехзвенный фильтр передается на оконечный усилитель в блоке индикатора (рис. 137), состоящий из катодного повторителя ($Л_1$) с калиброванным аттенюатором R_5, трехкаскадного усилителя ($Л_2$, $Л_3$, $Л_4$) с переключаемыми полосами пропускания, квадратичного детектора ($Л_5$) и усилителя вертикального отклонения ($Л_{6а}$, $Л_7$).

Ручка калиброванного аттенюатора выведена на переднюю панель и обозначена «аттенюатор ПЧ».

Переключение полос пропускания осуществляется переключателем $П_1$ (рис. 137), имеющим обозначение на передней панели «полоса узк. — шир.».

С выхода усилителя вертикального отклонения сигнал поступает на вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ. Коэффициент усиления регулируется изменением смещения на лампы $Л_2$, $Л_3$ с потенциометра R_{76} (ручка «усиление»).

На горизонтально отклоняющие пластины трубки через усилитель горизонтального отклонения ($Л_{11}$, $Л_{12}$) подается пилообразное напряжение от генератора развертки, работающего на лампах $Л_9$, $Л_{10}$. Частота развертки регулируется изменением напряжения на экранной сетке лампы $Л_9$ при помощи потенциометра R_{50} и переключением конденсаторов C_{44}— C_{46} при помощи переключателя $П_2$. Ручки этих регулировок на передней панели обозначены «частота плавно» и «частота разв.» соответственно.

Амплитуда развертки регулируется потенциометром R_{64}, ручка которого имеет обозначение «ампл. разв.».

Масштаб развертки изображения регулируется изменением амплитуды пилообразного напряжения, подаваемого на ЧМ-гетеродин с потенциометра R_{62}. Ручка этого потенциометра на передней панели имеет обозначение «масштаб».

Каскад подсвета ($Л_8$) усиливает и ограничивает огибающую отклика импульса и увеличивает свечение трубки в течение длительности отклика импульса.

Калибратор анализатора (в ВЧ блоке, рис. 136) состоит из генератора СВЧ (лампа $Л_7$) и модулятора на лампе $Л_4$. Калибрационный сигнал образуется при модуляции сигнала генератора напряжением известной радиочастоты. Генератор калибратора работает на частоте 3150 МГц, а частота модулятора изменяется от 0,5 до 6,5 МГц. Частота модулятора изменяется грубо переключением индуктивности контура L_7, L_8, L_9 при помощи переключателя $П_4$ и плавно — изменением емкости переменного конденсатора C_{58}.

Ручки этих регулировок выведены на переднюю панель с обозначением «диапазон меток» и «разнос меток Мгц» соответственно.

Сигнал калиброванного спектра подается на второй преобразователь через предельный аттенюатор, которым регулируется амплитуда меток (ручка «ампл. меток»).

Для получения большого количества меток сигнал модулятора искажается увеличением напряжения на управляющей сетке модулятора при помощи потенциометра R_{42}, ручка которого обозначена «число меток».

Для установки меток в нужное место по изображению в анализаторе предусмотрено их смещение при помощи перестройки частоты генератора изменением объема резонатора. Ручка этой регулировки на передней панели обозначена «смещение меток».

Кроме того, частота генератора калибратора в небольших пределах изменяется регулировкой напряжения на отражателе клистрона потенциометром R_{68}, ручка которого на передней панели обозначена «симметр. меток».

Схема питания ЭЛТ в индикаторном блоке (рис. 137) обычная. Фокусировка изображения и регулировка его яркости осуществляется потенциометрами R_9 и R_{82}, ручки которых обозначены «фокус» и «яркость» соответственно. Смещение изображения по вертикали и горизонтали осуществляется изменением режима выходных усилителей вертикального и горизонтального отклонения при помощи потенциометров R_{47} и R_{71}, ручки которых имеют обозначение «смещение $\updownarrow$» и «смещение $\leftrightarrow$».

Блок питания (рис. 138) включает четыре выпрямителя с электронной стабилизацией.

Питание накала клистрона и ламп электронных стабилизаторов осуществляется через феррорезонансный стабилизатор.

Электронный стабилизатор с напряжением 0—250 В включается с задержкой в 30 с, которая достигается запиранием ламп $Л_{10}$, $Л_{11}$ на время заряда конденсатора C_{10} через сопротивление R_{18}.

Наличие питающих напряжений индицируется неоновыми лампочками $Л_{19}$—$Л_{22}$.

Спецификации к принципиальным схемам блоков прибора типа С4-5 приведены в табл. 66, 67, 68.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на передние панели высокочастотного (с индикатором) блока и блока питания прибора (рис. 139).

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Соединить высокочастотный блок с блоком питания кабелем, входящим в комплект прибора.
2. Установить переключатель сети на блоке питания в положение, соответствующее имеющемуся напряжению сети.
3. Установить максимальное затухание входных аттенюаторов (в соответствии с частотой исследуемого сигнала), при необходимости дополнительного ослабления сигнала следует применить внешний аттенюатор Д4-6.
4. Переключатель питания «сеть» на ВЧ блоке установить в положение выключено.
5. Подключить кабель питания к блоку питания и к сети.
6. Установить ручки:
   «подстройка» — в среднее положение;
   «ток детектора» — в крайнее левое положение;

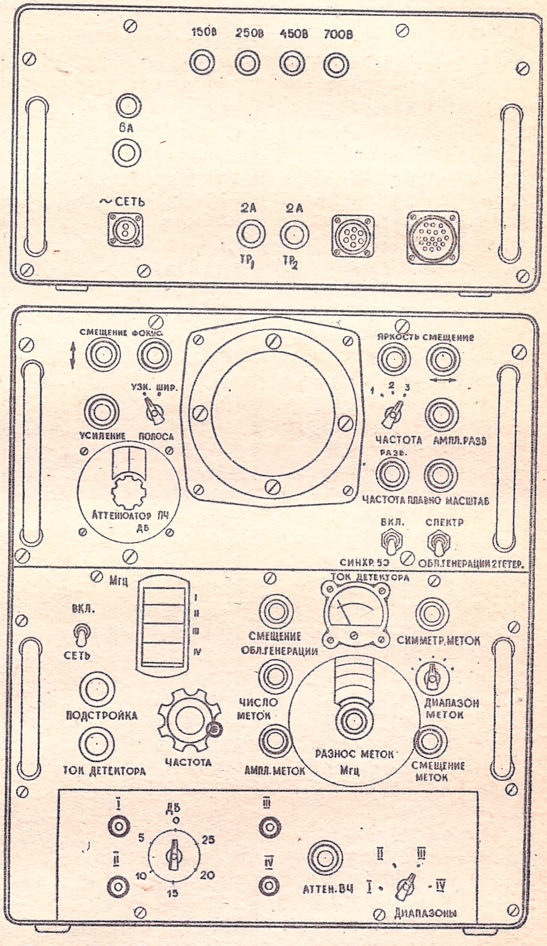

150В
250В
450В
700В
6А
~СЕТЬ
2А
2А
ТР1
ТР2
СМЕЩЕНИЕ
ФОКУС
УЗК.
ШИР.
УСИЛЕНИЕ
ПОЛОСА
АТТЕНЮАТОР ПЧ
ДБ
ЯРКОСТЬ
СМЕЩЕНИЕ
1
2
3
ЧАСТОТА РАЗВ.
АМПЛ.РАЗВ
ЧАСТОТА
ПЛАВНО
МАСШТАБ
ВКЛ.
СПЕКТР
СИНХР.5Э
ОБЛ.ГЕНЕРАЦИИ 2 ГЕТЕР.
Мгц
ВКЛ.
СЕТЬ
I
II
III
IV
ТОК ДЕТЕКТОРА
СМЕЩЕНИЕ ОБЛ.ГЕНЕРАЦИИ
СИММЕТР.МЕТОК
ЧИСЛО МЕТОК
ДИАПАЗОН МЕТОК
ПОДСТРОЙКА
ТОК ДЕТЕКТОРА
ЧАСТОТА
АМПЛ.МЕТОК
РАЗНОС МЕТОК Мгц
СМЕЩЕНИЕ МЕТОК
I
ДБ
0
5
25
10
20
15
II
III
IV
АТТЕН.ВЧ
II
III
I
IV
ДИАПАЗОНЫ

Рис. 139. Вид передней панели прибора С4-5.

66. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С4-5 (высокочастотный блок)

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1, R_2	УНУ-0,1	36 Ом	R_{54}, R_{55}	СП-III-0,5Б	1 МОм
R_3	УНУ-Ш-0,1	100 Ом	R_{56}	СП-III-0,5Б	220 кОм
R_4	УНУ-0,1	20 Ом	R_{57}	СП-II-2Б	470 кОм
R_5	УНУ-0,15	14 Ом	R_{58}	МЛТ-0,5	200 кОм
R_6	УНУ-0,15	26 Ом	R_{59}	МЛТ-0,5	2,2 кОм
R_7	УНУ-0,15	34,8 Ом	R_{60}	МЛТ-0,5	470 кОм
R_8	УНУ-0,15	40,9 Ом	R_{61}	УНУ-Ш-0,1	50 Ом
R_9	УНУ-0,15	44,7 Ом	R_{62}, R_{63}	МЛТ-0,5	470 кОм
R_{10}	УНУ-0,15	14 Ом	R_{64}	СП-II-2Б	470 кОм
R_{11}	УНУ-0,15	26 Ом	R_{65}	СП-I-2Б	47 кОм
R_{12}	УНУ-0,15	34,8 Ом	R_{66}, R_{67}	МЛТ-2	200 кОм
R_{13}	УНУ-0,15	40,9 Ом	R_{68}	СП-I-2Б	10 кОм
R_{14}	УНУ-0,15	44,7 Ом	R_{69}	СП-II-2Б	470 кОм
R_{15}	УНУ-Ш-0,15	82,3 Ом	R_{70}, R_{71}	МЛТ-0,5	3,9 кОм
R_{16}	УНУ-Ш-0,15	35,2 Ом	R_{72}	МЛТ-0,5	75 кОм
R_{17}	УНУ-Ш-0,15	18,3 Ом	C_1—C_8	Конструктивный	—
R_{18}	УНУ-Ш-0,15	10,1 Ом			
R_{19}	УНУ-Ш-0,15	5,6 Ом	C_{10}—C_{12}	КТП-2а-Н	6800 пФ
R_{20}	МЛТ-0,5	3 кОм	C_{16}	КТК-1а-Д	82 пФ
R_{21}	МЛТ-0,5	3,9 кОм	C_{17}	КТК-1а-Д	51 пФ
R_{22}	МЛТ-0,5	220 кОм	C_{18}—C_{20}	КСО-1-250	750 пФ
R_{23}	МЛТ-0,5	1,5 кОм	C_{21}	КПК-1	8—30 пФ
R_{24}	МЛТ-0,5	2,4 кОм	C_{22}, C_{23}	КСО-1-250	750 пФ
R_{25}	МЛТ-0,5	150 Ом	C_{24}	КТК-1а-Д	180 пФ
R_{26}; R_{27}	МЛТ-0,5	3,9 кОм	C_{25}	КСО-1-250	750 пФ
R_{28}	МЛТ-0,5	150 Ом	C_{26}	КПК-1	8—30 пФ
R_{29}	МЛТ-0,5	10 кОм	C_{27}	КСО-1-250	750 пФ
R_{30}	МЛТ-0,5	150 Ом	C_{28}, C_{29}	КТК-1а-Д	180 пФ
R_{31}	МЛТ-0,5	200 Ом	C_{30}	КПК-1	2—7 пФ
R_{32}	МЛТ-0,5	3,9 Ом	C_{31}	КТК-1а-Д	10 пФ
R_{33}	МЛТ-0,5	3 Ом	C_{32}	КТК-1а-Д	20 пФ
R_{34}	МЛТ-0,5	22 Ом	C_{33}	КПК-1	8—30 пФ
R_{35}	МЛТ-0,5	3,9 Ом	C_{34}	КСО-5-250	0,01 мкФ
R_{36}	МЛТ-0,5	5,6 Ом	C_{35}—C_{38}	КТП-2а-К	330 пФ
R_{37}	МЛТ-0,5	560 Ом	C_{40}—C_{51}	КТП-2а-Н	6800 пФ
R_{38}	МЛТ-0,5	3,6 кОм	C_{52}, C_{53}	Конструктивный	—
R_{39}	МЛТ-0,5	5,1 кОм			
R_{40}, R_{41}	МЛТ-0,5	10 кОм	C_{54}	КДК-1-М	2 пФ
R_{42}	СП-I-2Б	100 кОм	C_{55}	КТК-1а-Д	18 пФ
R_{43}	МЛТ-0,5	43 кОм	C_{56}	КТК-1а-Д	4 пФ
R_{44}	МЛТ-0,5	2 МОм	C_{57}	КТК-1а-Д	2 пФ
R_{45}	МЛТ-0,5	100 Ом	C_{58}	Переменный	8—380 пФ
R_{46}	СП-II-2Б	470 кОм	C_{59}	КСО-2-500	200 пФ
R_{47}	СП-III-0,5Б	220 кОм	C_{60}—C_{65}	КСО-5-250	0,01 мкФ
R_{48}	МЛТ-0,5	1,5 МОм	C_{66}—C_{68}	КТП-2а-Н	6800 пФ
R_{49}	СП-III-0,5Б	2,2 МОм	C_{70}, C_{71}	КТП-2а-Н	6800 пФ
R_{50}	СП-III-0,5Б	1 МОм	C_{72}	КСО-10-2000	0,01 мкФ
R_{51}	СП-II-2Б	470 кОм	C_{73}—C_{76}	КТП-2а-Н	6800 пФ
R_{52}	МЛТ-0,5	510кОм	C_{77}	КСО-5-500	6200 пФ
R_{53}	СП-II-2Б	470кОм			

Продолжение табл. 66

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_{78}	КСО-5-250	0,01 мкФ	$Др_5$—$Др_8$	Д-2,4-5	5 мкГ
C_{79}	МБГП-2-600	2 мкФ			
C_{80}	КСО-5-250	0,01 мкФ	$Др_{10}$—$Др_{12}$	Д-0,6-18	18 мкГ
C_{81}	КСО-2-500	200 пФ			
C_{82}	КСО-5-250	0,01 мкФ	$Др_{13}$—$Др_{18}$	Д-2,4-5	5 мкГ
C_{83}, C_{84}	КСО-5-500	6200 пФ			
C_{85}	КСО-5-250	0,01 мкФ	$Др_{19}$—$Др_{22}$	Высокочастотный	
$Л_1$, $Л_2$	6Н3П	—			
$Л_3$	12С3С	—	$Др_{23}$, $Др_{24}$	Д-0,6-18	18 мкГ
$Л_4$	6Ж1П	—			
$Л_5$—$Л_7$	К-352	—	$Др_{25}$—$Др_{30}$	Д-2,4-5	5 мкГ
$Л_8$	МН-14	6,3 В; 0,28 А			
$Др_1$, $Др_2$	Д-0,6-18	18 мкГ	$Д_1$—$Д_9$	Д 403Б	—
$Др_3$, $Др_4$	Высокочастотный		$ИП$	М 592-0-100	100 мкА

67. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С4-5 (индикаторный блок)

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МЛТ-0,5	5,6 кОм	R_{29}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_2	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{30}	МЛТ-0,5	3,9 кОм
R_3	МЛТ-0,5	220 кОм	R_{31}	МЛТ-0,5	5,1 кОм
R_4	МЛТ-0,5	1,5 кОм	R_{32}	МЛТ-0,5	620 Ом
R_5	Проволочный	400 Ом	R_{33}	МЛТ-0,5	51 кОм
R_6	МЛТ-0,5	7,5 кОм	R_{34}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_7	МЛТ-0,5	39 кОм	R_{35}	МЛТ-0,5	3 кОм
R_8	МЛТ-0,5	5,6 кОм	R_{36}	МЛТ-0,5	2 кОм
R_9	МЛТ-0,5	220 кОм	R_{37}, R_{39}	МЛТ-2	51 кОм
R_{10}	МЛТ-0,5	43 кОм	R_{40}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{11}	МЛТ-0,5	3 кОм	R_{44}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_{12}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{45}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_{13}	МЛТ-0,5	7,5 кОм	R_{46}	МЛТ-0,5	240 кОм
R_{14}	МЛТ-0,5	3,9 кОм	R_{47}	СП-I-2Б	10 кОм
R_{15}	МЛТ-0,5	3,6 кОм	R_{48}	МЛТ-0,5	6,2 кОм
R_{16}	МЛТ-0,5	510 кОм	R_{49}	МЛТ-0,5	43 кОм
R_{17}	МЛТ-0,5	43 кОм	R_{50}	СП-I-2Б	47 кОм
R_{18}, R_{19}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{51}	МЛТ-0,5	10 кОм
R_{20}	МЛТ-0,5	510 кОм	R_{52}	МЛТ-0,5	5,1 кОм
R_{21}	МЛТ-0,5	5,6 кОм	R_{53}	МЛТ-1	330 Ом
R_{22}	МЛТ-0,5	3,9 кОм	R_{54}	МЛТ-0,5	91 кОм
R_{23}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{55}	МЛТ-0,5	30 кОм
R_{24}	ВС-0,25	51 Ом	R_{56}	СП-II-2Б	47 кОм
R_{25}	МЛТ-0,5	15 кОм	R_{57}	МЛТ-0,5	20 кОм
R_{26}	МЛТ-0,5	15 кОм	R_{58}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_{27}	МЛТ-0,5	470 Ом	R_{59}	МЛТ-0,5	30 кОм
R_{28}	МЛТ-1	24 кОм	R_{60}	МЛТ-2	51 кОм

Продолжение табл. 67

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_{61}	МЛТ-0,5	100 Ом	C_{12}	КСО-5-250	0,01 мкФ
R_{62}	СП-I-2Б	470 кОм	C_{13}	КТК-1а-Д	180 пФ
R_{63}	МЛТ-0,5	2 МОм	C_{14}	КСО-5-250	0,01 мкФ
R_{64}	СП-I-2Б	1 МОм	C_{15}	КТП-2а	6800 пФ
R_{65}	МЛТ-0,5	6,2 кОм	C_{16}	БГМ-2-400	0,01 мкФ
R_{66}	МЛТ-1	18 кОм	C_{17}	КПК-1	8—30 пФ
R_{67}, R_{68}	МЛТ-1	110 кОм	C_{18}	КТК-1а-Д	10 пФ
R_{69}	МЛТ-2	56 кОм	C_{19}	КСО-1-250	750пФ
R_{70}	МЛТ-0,5	150 кОм	C_{20}	КСО-5-250	0,01 мкФ
R_{71}	СП-I-2Б	10 кОм	C_{21}	КТК-1а-Д	180 пФ
R_{72}	МЛТ-0,5	220 кОм	C_{23}	КСО-2-500	2400 пФ
R_{73}, R_{74}	МЛТ-0,5	10 кОм	C_{24}	КПК-1	8—30 пФ
R_{75}	МЛТ-0,5	620 Ом	C_{25}	КСО-1-250	620 пФ
R_{76}	СП-I-2Б	22 кОм	C_{26}	ЭГЦ-б-150	20 мкФ
R_{77}	МЛТ-0,5	220 кОм	C_{27}	КТК-1а-Д	20 пФ
R_{79}	СП-I-2Б	470 кОм	C_{28}	КТК-1а-Д	180 пФ
R_{82}	СП-I-2Б	100 кОм	C_{29}	КТК-1а-Д	51 пФ
R_{83}	СП-II-2Б	470 кОм	C_{30}	ЭГЦ-б-12	100 мкФ
R_{84}	МЛТ-1	220 кОм	C_{31}	МБГП-2-200	1 пФ
R_{101}	МЛТ-0,5	220 кОм	C_{32}	ЭГЦ-б-150	20 пФ
R_{102}	МЛТ-0,5	240 кОм	C_{33}	ЭГЦ-б-12	100 пФ
R_{103}	МЛТ-0,5	30 кОм	C_{34}	МБГП-2-200	1 пФ
R_{104}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{35}	МБГП-2-200	0,5 мкФ
R_{105}	МЛТ-2	110 кОм	C_{36}	КСО-5-500	6200 пФ
R_{106}	МЛТ-1	15 кОм	C_{37}—C_{43}	КТП-2а-Д	100 пФ
R_{107}	МЛТ-0,5	18 кОм	C_{44}	МБГП-2-200	1 мкФ
R_{108}	МЛТ-0,5	1,1 кОм	C_{45}	МБГП-2-400	0,25 мкФ
R_{109}	МЛТ-0,5	360 Ом	C_{46}, C_{47}	КБГИ-200	0,07 мкФ
R_{110}	МЛТ-0,5	300 Ом	C_{48}	МБГО-2-500	10 мкФ
R_{111}	МЛТ-0,5	91 кОм	C_{49}	МБГО-2-200	2 мкФ
R_{112}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_{50}—C_{65}	КТП-2а-Н	6800 пФ
R_{113}	МЛТ-2	43 кОм	C_{66}—C_{69}	МБГП-2-1500	0,25 мкФ
R_{114}	МЛТ-2	30 кОм	C_{70}	КСО-10-200	0,01 мкФ
R_{115}, R_{116}	МЛТ-1	1,2 МОм	C_{73}	МБГП-2-200	2 мкФ
R_{117}	МЛТ-0,5	510 кОм	C_{101}	МБГО-2-300	2 мкФ
R_{118}	МЛТ-1	220 кОм	C_{102}	КСО-1-250	150 пФ
R_{119}, R_{120}	МЛТ-1	430 кОм	C_{103}	КСО-1-250	510 пФ
R_{121}	МЛТ-0,5	100 кОм	C_{104}	МБГО-2-300	2 мкФ
R_{122}	МЛТ-0,5	5,1 кОм	C_{105}	МБМ-160	0,25 мкФ
R_{123}	МЛТ-0,5	510 кОм	C_{106}	БМ-2-200	0,01 мкФ
C_1	КТК-1а-Д	30 пФ	C_{107}	КТП-2а-С	8,2 пФ
C_2	КПК-1	8—30 пФ	C_{108}	КСО-2-500	100 пФ
C_3	КСО-2-500	2400 пФ	C_{109}—C_{112}	КТП-2а-С	8,2 пФ
C_4	БГМ-2-400	0,01 мкФ			
C_5	КТП-2а	6800 пФ	L_1, L_2	—	35 мкГ
C_6	КТК-1а-Д	180 пФ	L_3	—	2,55 мкГ
C_7	КСО-5-250	0,01 мкФ	L_4	—	35 мкГ
C_8	КПК-1	8—30 пФ	L_5	—	2,55 мкГ
C_9	КТК-1а-Д	10 пФ	L_6	—	35 мкГ
C_{10}	БГМ-2-400	0,01 мкФ	$Л_1$	6Ж1П	—
C_{11}	КСО-1-250	750 пФ	$Л_2$, $Л_3$	6К4П	—

Продолжение табл. 67

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
$Л_4$, $Л_5$	6Ж1П	—	$Др_1$—	Д-2,4-5	5 мкГ
$Л_6$—$Л_8$	6Н1П	—	$Др_3$		
$Л_9$	6Ж1П	—	$Др_4$—	Д-0,6-18	18 мкГ
$Л_{10}$	ТГ3-0,1/1,3	—	$Др_{12}$		
$Л_{11}$, $Л_{12}$	6Н1П	—	$Д_1$	Д2Е	—
$Л_{13}$, $Л_{14}$	1Ц7С	—	$Д_2$—$Д_4$	Д7Ж	—
$Л_{15}$	13ЛО37	—			

68. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С4-5 (блок питания)

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1—R_3	МЛТ-2	1 МОм	C_1, C_2	МБГО-2-600	10 мкФ
R_4—R_6	МЛТ-2	27 кОм	C_3—C_5	МБГП-2-400	0,25 мкФ
R_7	МЛТ-2	3,9 кОм	C_6—C_{10}	МБГО-2-600	10 мкФ
R_8	ППИ(б)	10 кОм	C_{11}—	МБГП-2-400	0,25 мкФ
R_9	МЛТ-2	22 кОм	C_{15}		
R_{10}, R_{11}	МЛТ-2	110 кОм	C_{16}, C_{17}	МБГО-2-600	10 мкФ
R_{12}	МЛТ-2	1 МОм	C_{18}—	МБГП-2-400	0,25 мкФ
R_{13}—R_{15}	МЛТ-1	330 Ом	C_{20}		
R_{16}, R_{17}	МЛТ-2	1 МОм	C_{21}	МБГО-2-500	2 мкФ
R_{18}	МЛТ-2	510 кОм	C_{22}	ЭГЦ-6-50	50 мкФ
R_{19}	МЛТ-2	1 МОм	C_{23}, C_{24}	ЭГЦ-6-30	500 мкФ
R_{20}	МЛТ-2	20 кОм	$Л_1$, $Л_2$	5Ц12П	—
R_{21}	МЛТ-2	3,9 кОм	$Л_3$	6Ж8	—
R_{22}	МЛТ-1	62 кОм	$Л_4$	СГ2С	—
R_{23}	ППИ (б)	10 кОм	$Л_5$	6П3С	—
R_{24}	МЛТ-1	24 кОм	$Л_6$, $Л_7$	5Ц3С	—
R_{25}	МЛТ-1	510 кОм	$Л_8$	6Ж3П	—
R_{26}	МЛТ-1	1 МОм	$Л_9$	СГ2С	—
R_{27}	МЛТ-1	330 кОм	$Л_{10}$, $Л_{11}$	6П3С	—
R_{28}	ПЭВ-15	15 кОм	$Л_{12}$	6Ж3П	—
R_{29}	МЛТ-2	130 кОм	$Л_{13}$	6П3С	—
R_{30}	ППИ(б)	10 кОм	$Л_{14}$	5Ц3С	—
R_{31}	МЛТ-1	22 кОм	$Л_{15}$	6Ж3П	—
R_{32}	МЛТ-1	510 кОм	$Л_{16}$	СГ2С	—
R_{33}	МЛТ-1	1 МОм	$Л_{17}$, $Л_{18}$	6П3С	—
R_{34}—R_{36}	МЛТ-1	330 МОм	$Л_{19}$—	МН-5	—
R_{37}	МЛТ-2	6,2 кОм	$Л_{23}$		
R_{38}	МЛТ 2	3,9 кОм	$Д_1$—$Д_6$	ДГ-Ц24	—
R_{39}	МЛТ-1	33 кОм	$Пр_1$	ПК-30-2	2 А
R_{40}	ППИ(б)	10 кОм	$Пр_2$	ПК-45-5	5 А
R_{41}	МЛТ-1	33 кОм	$Пр_3$	ПК-30-3	3 А
R_{42}, R_{43}	МЛТ-1	510 кОм			

«аттенюатор ПЧ» на 5—15 дБ;

«диапазоны — в соответствии с частотой исследуемого сигнала;

«спектр — обл. генерации 2 гетеродина»— в положение «обл. генерации 2 гетеродина»;

«масштаб»— в крайнее правое положение.

7. Включить питание прибора, переведя переключатель «сеть» (на ВЧ блоке) в положение «вкл.».

8. Ручками «фокус» и «яркость» установить удобное для наблюдения изображение.

9. Ручку «ампл. разв.» установить в положение, при котором линия развертки не выходит за пределы экрана ЭЛТ.

10. Ручкой «смещение обл. генерации» установить на экране ЭЛТ изображение области генерации 2 гетеродина. При необходимости подстроить форму области генерации винтом, выведенным под шлиц сбоку прибора.

11. Ручкой «масштаб» установить ширину изображения области генерации так, чтобы ее границы совпадали с краями трубки.

12. Ручкой «усиление» установить изображение шумовой дорожки на экране ЭЛТ не более 2 мм.

13. Ручкой «частота» установить частоту исследуемого сигнала.

14. Ручкой «ток детектора» добиться отклонения стрелки прибора «ток детектора» в зону красного сектора.

15. Ручками «частота разв.» и «частота плавно» установить частоту развертки в соответствии с частотой повторения исследуемого сигнала.

При частоте развертки, близкой к 50 Гц, целесообразно включить синхронизацию прибора от сети, переводя тумблер «синхр. 50» в положение «вкл.».

Измерение параметров спектра

Для исследования спектра необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Подать исследуемый сигнал на соответствующий вход прибора (в соответствии с частотой сигнала).

3. Установить переключатель «полоса» в положение: «узк.»— для исследования спектра импульсов с длительностями больше 0,7 мкс;

«шир.» — при длительности импульсов меньше 0,7 мкс.

4. Переключатель «спектр—обл. генерации 2 гетеродина» перевести в положение «спектр».

5. Ручками «частота» и «подстройка» добиться появления на экране ЭЛТ огибающей спектра исследуемого сигнала, установив его в центр экрана.

6. Ручками «масштаб», «ампл. разв.» и «смещение ↔» добиться удобного для наблюдения изображения спектра. При необходимости можно дополнительно сместить изображение ручками «смещение обл. генерации» или «подстройка».

7. Ручками «усиление» и «аттенюатор ПЧ» установить размер изображения по вертикали таким образом, чтобы максимум огибающей на экране трубки был порядка 100 мм.

8. Измерить отношение составляющих спектра. Для этого следует:

ручку «аттенюатор ПЧ» установить в положение, соответствующее ослаблению 0—5 дБ;

ручками «масштаб» и «ампл. разв.» установить требуемую ширину спектра на экране трубки;

ручкой «усиление» установить на экране трубки амплитуду наименьшего по мощности измеряемого участка таким образом, чтобы его границы по вертикали совпадали с выбранными линиями масштабной сетки (уровень амплитуды этого участка должен превышать уровень шумов на экране трубки на 7—10 дБ);

ручкой «аттенюатор ПЧ» установить границы по вертикали другого измеряемого участка спектра между теми же масштабными линиями и произвести отсчет разности ослаблений по «аттенюатору ПЧ». Эта разность и дает относительный уровень измеряемых участков спектра.

9. Измерить частотные интервалы интересующих участков спектра. Для этого следует:

ручку «диапазон меток» установить в положение, обеспечивающее удобное наблюдение меток;

ручками «ампл. меток», «число меток» и, при необходимости, «смещение меток» и «симметр. меток» добиться появления на экране трубки необходимого количества меток (но не более 5—7 во избежание ошибок). Совмещая линии меток с границами исследуемых участков спектра, по шкале модуляторов («разнос меток *Мгц*») отсчитать значения искомого частотного интервала. Для этого показания шкалы умножаются на число интервалов между метками в исследуемом участке и на номер поддиапазона.

Анализатор гармоник С5-2

Предназначен для измерения частоты и напряжения отдельных гармонических составляющих, входящих в состав сложного электрического колебания видеосигнала.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот 15—200 кГц.
2. Полосы пропускания:

узкая:

200 ± 40 Гц на уровне 1,5 дБ
1000 Гц » » 35 дБ
2000 Гц » » 60 дБ

широкая:

3 ± 0,6 кГц на уровне 1,5 дБ
13 кГц » » 35 дБ
20 кГц » » 60 дБ

3. Основная погрешность прибора:

$\Delta F = \pm(0{,}03F + 100)$ Гц при работе с узкой полосой;

$\Delta F = \pm(0{,}03F + 2)$ кГц при работе с широкой полосой.

4. Пределы измерения напряжений от 0,06 мВ до 10 В.
5. Динамический диапазон измерений при работе с широкой полосой пропускания 50 дБ.
6. Входное сопротивление прибора не менее 180 кОм, входная емкость не более 50 пФ.
7. Собственные шумы прибора составляют не более 50 мкВ при работе с узкой полосой и не более 200 мкВ при работе с широкой полосой пропускания.
8. Собственный коэффициент нелинейных искажений не более 0,05%.
9. Измеряемое напряжение можно отсчитывать по стрелочному прибору или по записи на самописце Н-110.
10. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В. Потребляемая мощность не более 180 ВА.
11. Вес прибора не более 40 кг, габаритные размеры 404 × 380 × 615 мм.

Схема прибора

Структурная схема прибора С5-2 (рис. 140) состоит из входного устройства, 1-го смесителя, 1-го гетеродина, усилителя первой промежуточной частоты (1-й УПЧ), 2-го смесителя, 2-го гетеродина, усилителя второй промежуточной частоты (2-й УПЧ), согласующего каскада, лампового вольтметра, калибратора и блока питания.

Принципиальная схема прибора С5-2 приведена на рис. 141.

Исследуемый сигнал подается на клеммы входного устройства, представляющего собой делитель напряжения и катодный повторитель, с помощью которых устанавливается уровень сигнала, обеспечивающий работу прибора без перегрузок.

Входной делитель реостатно-емкостного типа образован сопротивлениями R_{43}— R_{46} и конденсаторами C_{14}— C_{17}. Коэффициент деления (1 : 10 и 1 : 100) изменяется переключателем $П_1$, ручка которого выведена на переднюю панель прибора (рис. 142) с обозначением «множитель вольтметра».

После делителя сигнал поступает на катодный повторитель, работающий на лампе $Л_7$. С нагрузки катодного повторителя R_{50}, R_{51} сигнал подводится через четырехзвенный типа «m» фильтр нижних частот к первому смесителю, работающему по кольцевой схеме на германиевых диодах $Д_{11}$— $Д_{14}$. Напряжение от первого гетеродина к смесителю подводится через согласующий трансформатор $Тр_4$. Нагрузкой смесителя является сопротивление R_{58}.

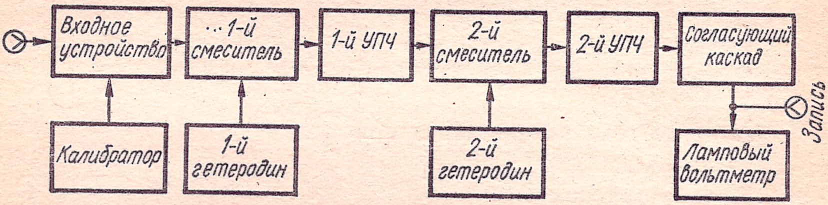


Рис. 140. Структурная схема прибора С5-2.

1-й гетеродин собран по схеме емкостной трехточки на лампе $Л_{14}$ в триодном режиме с заземленным анодом. Перестройка частоты гетеродина (настройка прибора) осуществляется конденсатором переменной емкости C_{91}, ручка которого на передней панели обозначена «частота кHz». На нерабочем участке шкалы частот анализатора (углы от 260 до 360°) гнездо «запись» с помощью реле P отключается от усилителя и подсоединяется к цепи накала ламп анализатора.

Моменты подачи и снятия напряжения накала (6,3 В) отмечаются на ленте самописца как вертикальные линии и служат метками начала и конца частотного диапазона анализатора.

Для согласования выхода гетеродина с входом смесителя между ними включен буферный каскад, собранный на лампе $Л_{13}$. Сигнал промежуточной частоты (300 кГц) с нагрузки смесителя подается на усилитель первой промежуточной частоты, работающий на лампе $Л_8$ с нагрузкой в виде четырехзвенного полосового фильтра (L_6— L_9, C_{36}— C_{43}).

После УПЧ сигнал подается на 2-й смеситель, работающий на лампе $Л_9$, на первую сетку которой подводится напряжение 2-го гетеродина частотой 280 кГц.

Нагрузкой 2-го смесителя служит фильтр нижних частот из двух П-образных звеньев типа «к» (L_{10}, L_{11}, C_{49}, C_{50}).

2-й гетеродин и буферный каскад собраны на лампах $Л_{15}$ и $Л_{16}$ по схеме, ничем не отличающейся от 1-го гетеродина.

Сигнал второй промежуточной частоты усиливается каскадом, собранным на лампе $Л_{10}$ с нагрузкой в виде четырехзвенного полосового фильтра, настроенного на частоту 20 кГц (L_{15}— L_{18}, C_{57}, C_{59}— C_{69}) при работе с узкой полосой пропускания или R_{73}— при работе с широкой полосой пропускания. Необходимое усиление при калибровке прибора устанавливается потенциометром R_{69} (ручка «калибровка»). Переключается нагрузка УПЧ переключателем $П_3$, ручка которого на передней панели обозначена «ширина полосы» и имеет два положения «3 кHz» и «200 Hz».

Сигнал второй промежуточной частоты после усилителя подается на согласующий каскад, работающий на лампе $Л_{11}$. С нагрузки этого усилителя (R_{81}) сиг-

69. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С5-2

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	БЛП-0,1	6,84 кОм	R_{61}	БЛП-0,1	24 кОм
R_2	БЛП-0,1	2,16 кОм	R_{62}	МЛТ-2	18 кОм
R_3	БЛП-0,1	684 Ом	R_{63}	БЛП-0,1	24 кОм
R_4	БЛП-0,1	216 Ом	R_{64}	МЛТ-0,5	20 кОм
R_5	БЛП-0,1	68,4 Ом	R_{65}	МЛТ-0,5	240 Ом
R_6	БЛП-0,1	31,6 Ом	R_{66}	МЛТ-0,5	22 кОм
R_7	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{67}	МЛТ-0,5	2,4 кОм
R_8	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{68}	МЛТ-2	22 кОм
R_9	МЛТ-2	18 кОм	R_{69}	П-СП-I-1-А	22 кОм
R_{10}	МЛТ-0,5	75 кОм	R_{70}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{11}	МЛТ-0,5	510 кОМ	R_{71}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_{12}	МЛТ-0,5	240 Ом	R_{72}	МЛТ-0,5	75 кОм
R_{13}	МЛТ-0,5	1,8 кОм	R_{73}	МЛТ-0,5	3,9кОм
R_{14}	МЛТ-2	18 кОм	R_{74}	МЛТ-2	18 кОм
R_{15}	МЛТ-0,5	75 кОм	R_{75}	БЛП-1	56 кОм
R_{16}	БЛП-0,1	9,1 кОм	R_{76}	МЛТ-2	18 кОм
R_{17}	МЛТ-0,5	5,6 кОм	R_{77}	БЛП-1	56 кОм
R_{18}	МЛТ-0,5	2,2 кОм	R_{78}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{19}	МЛТ-0,5	4,3 кОм	R_{79}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_{20}	БЛП-0,1	9,1 кОм	R_{80}	МЛТ-0,5	240 Ом
R_{21}	БЛП-0,1	5,6 кОм	R_{81}	МЛТ-0,5	1,3 кОм
R_{22}	МЛТ-0,5	150 кОм	R_{82}	МЛТ-0,5	75 кОм
R_{23}	П-СП-II-1-А	22 кОм	R_{83}	БЛП-0,1	43 кОм
R_{24}	МЛТ-0,5	91 кОм	R_{84}	Переменное	75 Ом
R_{25}	МЛТ-0,5	20 кОм	R_{85}, R_{86}	БЛП-0,1	39 кОм
R_{26}	МЛТ-0,5	3 кОм	R_{87}	П-СП-II-1-А	2,2 кОм
R_{27}	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{88}	МЛТ-0,5	200 кОм
R_{28}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{89}	МЛТ-0,5	51 кОм
R_{29}, R_{30}	МЛТ-2	47 кОм	R_{90}	МЛТ-2	33 кОм
R_{31}, R_{32}	ПЭВ-20	13 кОм	R_{91}	МЛТ-0,5	620 Ом
R_{33}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{92}	МЛТ-0,5	510 кОм
R_{34}—R_{41}	МЛТ-0,5	100 кОм	R_{93}	МЛТ-0,5	75 кОм
R_{43}	МГП	180 кОм	R_{94}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{44}	БЛП-0,1	20 кОм	R_{95}	МЛТ-0,5	10 кОм
R_{45}	МГП	200 кОм	R_{96}	МЛТ-0,5	510 кОм
R_{46}	БЛП-0,1	2,02 кОм	R_{97}	МЛТ-2	18 кОм
R_{47}	МЛТ-0,5	200 кОм	R_{98}	МЛТ-0,5	510 Ом
R_{48}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{99}	МЛТ-2	27 кОм
R_{49}	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{100}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{50}	МЛТ-0,5	240 Ом	R_{101}	МЛТ-0,5	75 кОм
R_{51}	МЛТ-2	10 кОм	R_{102}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{52}	МЛТ-0,5	3 кОм	R_{103}	МЛТ-2	18 кОм
R_{53}	БЛП-0,1	600 Ом	R_{104}	МЛТ-0,5	510 кОм
R_{54}	БЛП-0,1	525 Ом	R_{105}	МЛТ-0,5	510 Ом
R_{55}	БЛП-0,1	75 Ом	R_{106}	МЛТ-2	27 кОм
R_{56}	МЛТ-0,5	430 Ом	R_{107}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{57}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{108}	ТП-6/2	—
R_{58}	МЛТ-0,5	1,3 кОм	C_1	КБГИ-200	0,1 мкФ
R_{59}	МЛТ-0,5	200 Ом	C_2	КСО-2-500	1000 пФ
R_{60}	МЛТ-0,5	75 кОм	C_3—C_5	КБГИ-200	0,1 мкФ
			C_6	МБГО-2	10 мкФ

Продолжение табл. 69

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_7	МБГО-2	1 мкФ	C_{63}	СГМ3-Б-1	8930 пФ
C_8	МБГО-2	0,25 мкФ	C_{64}	СГМ3-А-1	180 пФ
C_9	МБГО-2	10 мкФ	C_{65}, C_{66}	СГМ3-Б-1	8850 пФ
C_{10}	МБГО-2	0,5 мкФ	C_{67}	СГМ3-А-1	255 пФ
C_{11}	МБГО-2	10 мкФ	C_{68}	СГМ3-Б-1	8850 пФ
C_{12}, C_{13}	МБГП-2	1 мкФ	C_{69}	СГМ3-Б-1	9000 пФ
C_{14}	КПКТ	2—20 пФ	C_{70}	КСО-5-250	0,01 мкФ
C_{15}	КСО-1-250	110 пФ	C_{71}	КСО-1-250	100 пФ
C_{16}	КПКТ	2—20 пФ	C_{72}, C_{73}	КБГИ-200	0,1 мкФ
C_{17}	КСО-2-500	1200 пФ	C_{74}	КСО-2-500	1300 пФ
C_{18}, C_{19}	КБГИ-600	0,01 мкФ	C_{75}	КСО-1-250	270 пФ
C_{20}	МБГО-2	1 мкФ	C_{76}	КСО-1-250	240 пФ
C_{22}	СГМ3-А-1	505 пФ	C_{77}	КБГИ-200	0,1 мкФ
C_{23}	СГМ3-А-1	340 пФ	C_{78}	КСО-5-250	0,1 мкФ
C_{24}	СГМ3-А-1	1540 пФ	C_{79}	ЭМ-15	10 мкФ
C_{25}	СГМ3-А-1	450 пФ	C_{80}, C_{81}	КСО-5-250	0,01 мкФ
C_{26}	СГМ3-А-1	1460 пФ	C_{82}	КБГИ-200	0,1 мкФ
C_{27}	СГМ3-А-1	630 пФ	C_{83}	КСО-2-500	0,01 мкФ
C_{28}	СГМ3-А-1	1530 пФ	C_{84}	КСО-5-250	1000 пФ
C_{29}	КТ-2а-М47	82 пФ	C_{85}	КСО-5-250	0,01 мкФ
C_{30}	СГМ3-А-1	710 пФ	C_{86}	КТ-2а-П33	3,9 пФ
C_{31}	КСО-1-250	430 пФ	C_{87}	КСО-1-250	360 пФ
C_{32}	КБГИ-200	0,1 мкФ	C_{88}	КСО-5-250	0,01 мкФ
C_{33}	КСО-5-250	0,01 мкФ	C_{89}	КСО-1-250	62 пФ
C_{34}	СГМ3-А-1	1185 пФ	C_{90}	Подстроечный	4,5—40,9 пФ
C_{35}	КСО-5-250	0,01 мкФ	C_{91}	Переменный	60—870 пФ
C_{36}	КТ-2а-П33	15 пФ	C_{92}	КСО-5-250	0,01 мкФ
C_{37}	СГМ3-А-1	1180 пФ	C_{93}	КСО-2-500	1000 пФ
C_{38}	КТ-2а-П33	11 пФ	C_{94}	КБГИ-200	0,1 мкФ
C_{39}	СГМ3-А-1	1185 пФ	C_{95}	КСО-5-250	0,01 мкФ
C_{40}	КТ-2а-П33	11 пФ	C_{96}	КСО-2-500	1000 пФ
C_{41}	СГМ3-А-1	1180 пФ	C_{97}	КСО-5-250	0,01 мкФ
C_{42}	КТ-2а-П33	15 пФ	C_{98}	КТ-2а-П33	3,9 пФ
C_{43}	СГМ3-А-1	1185 пФ	C_{99}	КСО-1-250	360 пФ
C_{44}, C_{45}	КБГИ-200	0,1 мкФ	C_{100}	КСО-5-250	0,01 мкФ
C_{46}, C_{47}	КСО-5-250	0,01 пФ	C_{101}	КСО-2-500	120 пФ
C_{48}	КСО-1-250	240 пФ	C_{102}	Подстроечный	4,5—40,9 пФ
C_{49}	КСО-1-250	470 пФ	C_{103}	КСО-1-250	62 пФ
C_{50}	КСО-1-250	240 пФ	L_1	—	430 мкГ
C_{51}	КСО-2-500	1000 пФ	L_2	—	523 мкГ
C_{52}	ЭМ-15	10 мкФ	L_3	—	449 мкГ
C_{53}	КБГИ-200	0,1 мкФ	L_4	—	540 мкГ
C_{54}	КСО-5-250	0,01 мкФ	L_5—L_9	—	230 мкГ
C_{55}	СГМ3-Б-1	9000 пФ	L_{10}, L_{11}	—	260 мГ
C_{56}	СГМ3-Б-1	8850 пФ	L_{12}, L_{13}	—	52 мГ
C_{57}	СГМ3-А-1	255 пФ	L_{14}—L_{18}	—	3,5 мГ
C_{58}	МБГО-2	2 мкФ	L_{19}	—	250 мкГ
C_{59}, C_{60}	СГМ3-Б-1	8850 пФ	L_{20}	—	205 мГ
C_{61}	СГМ3-А-1	180 пФ	L_{21}	—	6 мГ
C_{62}	СГМ3-Б-1	8850 пФ	L_{22}	—	205 мГ

Продолжение табл. 69

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
$Л_1$—$Л_3$	6Ж1П	—	$Л_{17}$, $Л_{18}$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
$Л_4$	СГ2П	—			
$Л_5$, $Л_6$	6С19П	—	$Д_1$, $Д_2$	Д2В	—
$Л_7$	6Ж1П	—	$Д_3$—$Д_{10}$	Д226	—
$Л_8$	6Ж1П	—	$Д_{11}$—$Д_{14}$	Д2В	—
$Л_9$	6А2П	—			
$Л_{10}$, $Л_{11}$	6Ж1П	—	*ИП*	Микроамперметр	100 мкА
$Л_{12}$	6Ф1П	—			
$Л_{13}$—$Л_{16}$	6Ж1П	—	*Р*	РСМ-2	—

нал подается на ламповый вольтметр и через реле *Р* на гнездо $Г_1$ «запись» для подключения самописца Н-110.

Ламповый вольтметр анализатора собран на лампах $Л_1$, $Л_2$. Нагрузкой оконечного каскада является параллельная мостиковая схема на германиевых диодах $Д_1$, $Д_2$. В качестве измерителя использован стрелочный прибор *ИП*.

Переключаются пределы измерения вольтметра при помощи делителя R_1—R_6 с переключателем $П_4$, ручка которого на передней панели имеет обозначение «шкала вольтметра».

Клеммы $Г_2$, $Г_3$ стрелочного прибора выведены на переднюю панель к гнездам. Это дает возможность, подключая параллельно стрелочному прибору конденсаторы соответствующих емкостей, изменять время анализа.

Калибратор анализатора представляет собой *RC*-генератор, собранный на лампе $Л_{12}$. В качестве нелинейного элемента в цепи обратной связи использован терморезистор R_{103}.

Выходное напряжение генератора 10 мВ устанавливается с помощью потенциометра R_{84}. Частота калибрационного напряжения 15 кГц. Подается калибрационное напряжение на вход прибора переключателем $П_1$ («множитель вольтметра»), установив его в положение «калибровка».

Блок питания содержит выпрямитель на диодах $Д_3$— $Д_{10}$ с электронным стабилизатором на лампах $Л_3$— $Л_6$. Для стабилизации напряжения накала ламп прибора применен феррорезонансный стабилизатор по последовательной схеме, содержащий трансформатор $Тр_2$, который работает в режиме насыщения.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа С5-2 приведена в табл. 69.

Подготовка прибора к работе

Все ручки управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 142). В левой стенке кожуха имеется круглое отверстие для присоединения внешнего механического привода от самописца Н-110 к конденсатору настройки анализатора.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель «~220—вкл.» установить в нижнее положение (выключено).

2. Подключить кабель питания к сети переменного тока напряжением 220 В.

3. Включить питание прибора, переведя переключатель сети в положение «вкл.» (при этом должны загореться лампочки подсвета шкалы частот) и дать прибору прогреться в течение 30 мин.

4. Установить ручку «шкала вольтметра» в положение «10».

5. Произвести калибровку прибора по напряжению. Для этого необходимо:

установить ручку «ширина полосы» в необходимое положение («3 kHz» или «200 Hz»);

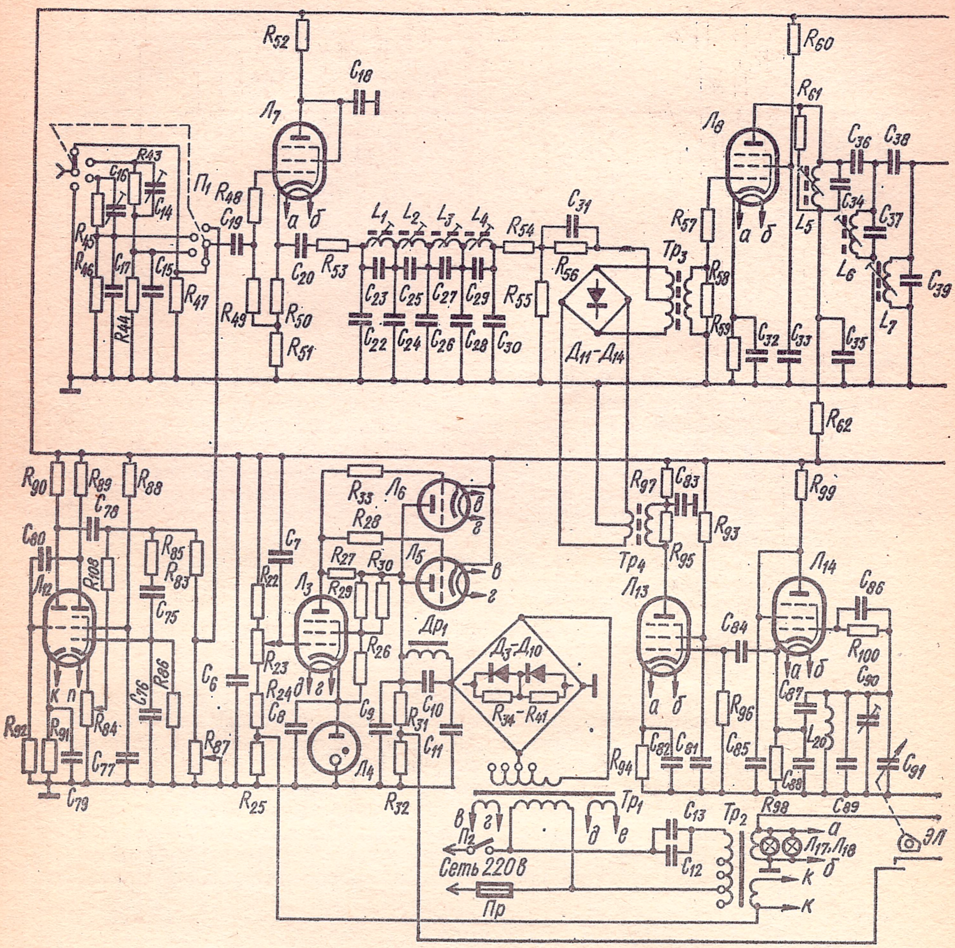

R52
C18
Л7
R60
R61
Л8
C36
C38
R43
C16
C14
П1
R48
C19
а
б
R45
R46
C17
C15
R47
R44
R49
R50
R51
C20
R53
L1
L2
L3
L4
C23
C25
C27
C29
C22
C24
C26
C28
C30
R54
C31
R56
R55
Д11-Д14
Тр3
R57
R58
R59
C32
C33
L5
C34
C37
L6
C35
L7
C39
R62
R90
R89
R88
C78
C80
R108
R85
R83
Л12
C75
R86
C76
к
п
R84
R92
R91
C77
C79
C6
R87
C7
R22
R23
R24
C8
R25
R33
Л6
R28
R27
R30
Л5
Л3
R29
R26
в
г
д
C9
Л4
Др1
R31
C10
C11
R32
Д3-Д10
R34-R41
R97
C83
Тр4
R93
R95
Л13
R99
Л14
C86
C84
R100
C90
C87
L20
R96
C82
C81
C85
C88
R94
C91
C89
R98
Тр1
C13
Тр2
Л17, Л18
П2
Сеть 220 в
C12
Пр
е
к
ЭЛ

Рис. 141. Принципиальная

установить ручку «множитель вольтметра» в положение «калибровка»;

ручкой «частота kHz» добиться максимальных показаний стрелочного прибора (частота настройки 15—16 кГц);

ручкой «калибровка» установить показания стрелочного прибора, соответствующие верхнему пределу.

Измерение

Для измерения параметров составляющих необходимо:

1. Подготовить прибор к работе и откалибровать его по напряжению.

2. Убедиться в том, что пиковое значение измеряемого напряжения сложной формы не превосходит максимальной допустимой величины:

141 мВ — для положения «×1» ручки «множитель вольтметра»;

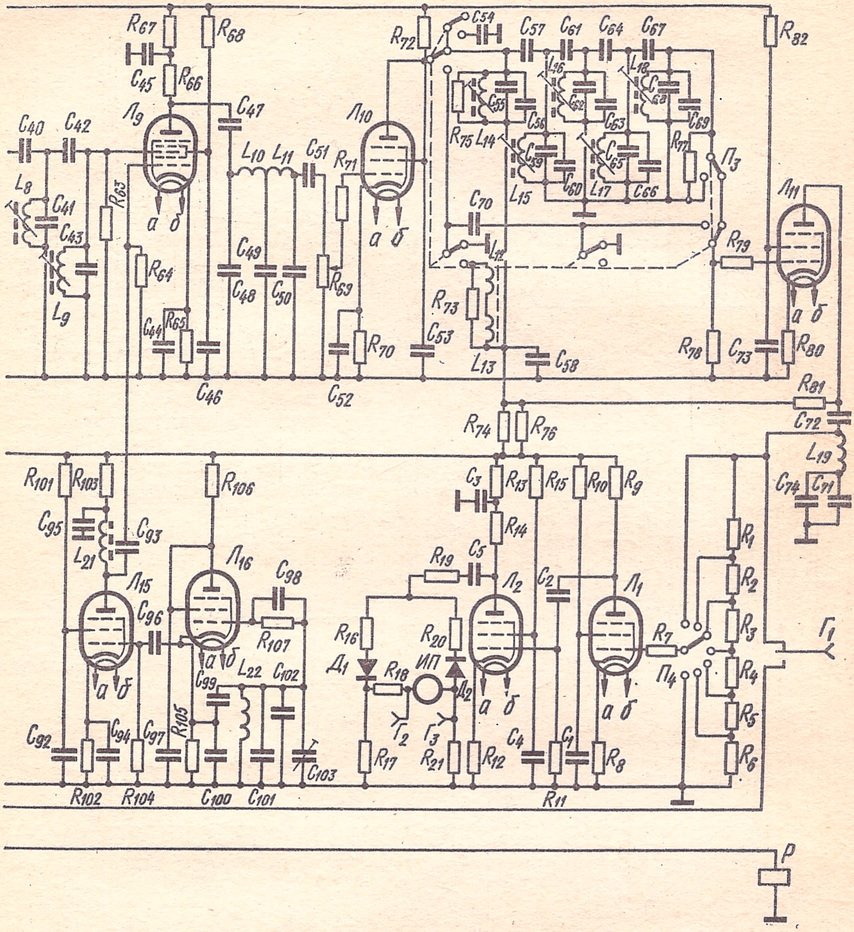

R67
R68
C45
R66
C47
Л9
C40
C42
L8
C41
C43
L9
R63
R64
C44
R65
C46
а
б
L10
L11
C51
R71
Л10
C49
C48
C50
R69
R70
C52
R72
C54
C57
C61
C64
C67
R82
L16
L18
C55
C62
C68
R75
L14
C56
C63
C69
C59
C65
R77
П3
L15
C60
L17
C66
Л11
C70
L12
R79
R73
C53
L13
C58
R78
C73
R80
R81
C72
R74
R76
L19
C74
C71
R101
R103
R106
C3
R13
R15
R10
R9
C95
C93
L21
R14
Л16
C5
R19
Л15
C98
C96
R107
Л2
C2
Л1
R1
R2
R3
R16
R20
R7
Г1
Д1
R18
ИП
C99
L22
C102
Д2
П4
R4
R5
R6
Г2
Г3
R21
C92
C94
C97
R105
R17
R12
C4
C1
R8
C103
R102
R104
C100
C101
R11
P

схема прибора С5-2.

1,41 В — для положения «×100».

3. Установить ручку «множитель вольтметра» в положение, соответствующее измеряемому напряжению. Подать измеряемое напряжение на входные клеммы прибора.

4. Медленно вращая ручку «частота kHz» в направлении от 15 к 200 кГц и регулируя, при необходимости, чувствительность вольтметра (ручками «шкала вольтметра» и «множитель вольтметра»), настроиться на составляющие (гармоники) измеряемого напряжения по максимальным показаниям стрелочного прибора.

Отсчет частоты измеряемой составляющей производится по шкале частот, а напряжение или уровень составляющей — по шкале стрелочного прибора в милливольтах или децибелах, в соответствии с положениями переключателей «шкала вольтметра» и «множитель вольтметра».

При работе с самописцем Н-110 после подготовки прибора к работе необходимо:

1. Ручку «шкала вольтметра» установить в положение «запись».
2. Присоединить самописец к прибору при помощи соединительного вала, прилагаемого к прибору.
3. Тумблер «запись» перевести в положение «вкл.».
4. Вставить штеккер самописца в гнездо «запись» на передней панели прибора.
5. Подать измеряемое напряжение на входные клеммы прибора.
6. Включить питание самописца согласно его инструкции по эксплуатации.
7. Определить частоты составляющих по записи на ленте в соответствии с линейной шкалой анализатора, проградуированной в градусах. Метки начала и конца частотного диапазона на ленте самописца отмечаются в виде вертикальных линий

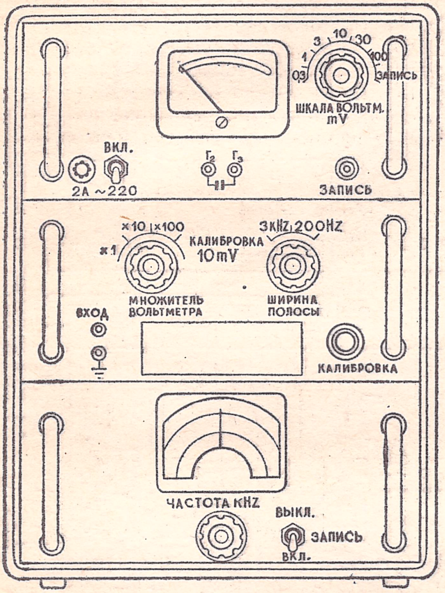


Рис. 142. Вид передней панели прибора С5-2.

ГЛАВА VIII

ПРИБОРЫ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОУСТРОЙСТВ
(подгруппа X)

Подгруппа X составлена из приборов для исследования амплитудно-частотных, переходных, фазочастотных и амплитудных характеристик.

В эту подгруппу входят измерители коэффициента шума и приборы для исследования корреляционных характеристик.

Приборы для исследования амплитудно-частотных характеристик как основные данной подгруппы представляют собой устройства, позволяющие проводить измерение коэффициента передачи четырехполюсника в зависимости от частоты проходящего через него сигнала. Коэффициент передачи (усиления) четырехполюсника дает возможность определить форму его амплитудной характеристики K как функцию частоты ω.

Способ реализации такого условия осуществляется электронным устройством, структурная схема которого представлена на рис. 143. Она состоит из свип-генератора, частота которого управляется напряжением от генератора развертки; этим же напряжением управляется электронный луч ЭЛТ по горизонтали. Выход свип-генератора подключается к объекту исследования (четырехполюснику), а выход четырехполюсника через детектор к пластинам ЭЛТ вертикального управления лучом. Так как частота свип-генератора и положение светового пятна по горизонтали ЭЛТ определяются одним и тем же напряжением генератора развертки, то горизонтальную ось *X* на экране трубки можно калибровать в единицах частоты. Если выходное напряжение свип-генератора имеет неизменную амплитуду при его модуляции по частоте, то амплитуда напряжения после четырехполюсника будет зависеть от его коэффициента передачи (усиления) на каждой частоте. В этом случае на экране ЭЛТ получится картина, подобная той, которая показана на рис. 143. Ординаты этой кривой «*y*» представляют собой относительную величину выходного напряжения четырехполюсника как функцию частоты при условии, что амплитуда входного напряжения остается неизменной на любой частоте свип-генератора.

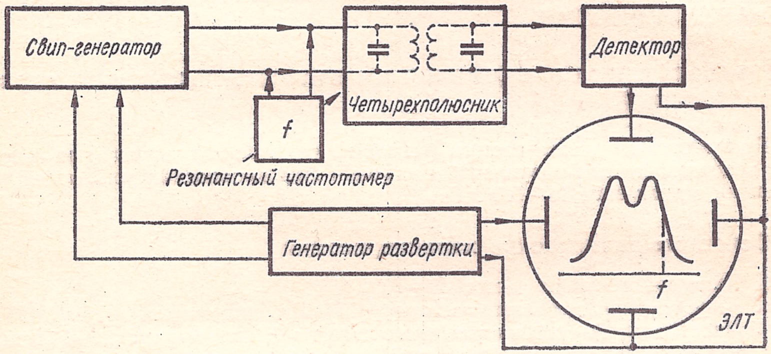


Рис. 143. Структурная схема устройства для снятия амплитудно-частотных характеристик четырехполюсников.

Калибруется шкала частот (ось *X*) различными способами с применением маркерных меток на изображении кривой, соответствующих точно известным значениям частоты. При одном из таких способов резонансный частотомер слабо связывается с выходом свип-генератора (рис. 143). Каждый раз при прохождении частотой свипирования резонансной частоты волномера в огибающей выходного напряжения возникает провал вследствие поглощения части энергии частотомером. Изменяя настройку частотомера, можно откалибровать всю шкалу (ось X) частот.

70. Основные характеристики приборов для исследования амплитудно-частотных характеристик

Тип прибора	Диапазон частот, МГц	Чувствительность, мм/В	Уровень выходного сигнала, мВ
Х1-1А	1—250	500	100
Х1-2	0,5—20	250	1—1000
Х1-5	0,5—500	1500	0,1—50
Х1-6	0,1—2	125	0,1—1000
Х1-7	0,4—232	400	100
Х1-10	0,2—30	1000	1000
Х1-12	10—325	$2\cdot10^4$	1000
Х1-13	5—450	$3\cdot10^4$	50
Х1-19	0,5—1000	$7{,}5\cdot10^4$	500

Другим способом маркировки оси частот может быть применение схем, использующих маркерные кварцованные генераторы с сеткой частот. Если многочастотное напряжение подать вместе с напряжением свип-генератора на вход четырехполюсника, то благодаря детектору (нелинейному элементу) на его выходе образуются нулевые биения двух совпадающих в данный момент частот, напряжения которых воздействуют вместе с основным напряжением. В этом случае на экране ЭЛТ будет частотная характеристика четырехполюсника с метками, расположенными на определенных частотных интервалах.

Основные характеристики приборов для наблюдения и исследования характеристик радиоустройств приведены в табл. 70.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Прибор для исследования амплитудно-частотных характеристик Х1-1

Генератор качающейся частоты (генератор частотно-модулированных колебаний) предназначен для визуальной настройки широкополосных усилителей, работающих в диапазоне 10—100 *МГц*.

Основные технические характеристики

1. Диапазон несущих частот 10—100 *МГц*.
2. Максимальная девиация частоты ±15 *МГц*, минимальная ±0,5 *МГц*.
3. Максимальный уровень выходного сигнала 0,1 В, минимальный 10 мкВ.
4. Чувствительность канала вертикального отклонения луча не менее 400 мм/В.
5. Частота модуляции и развертки 220 Гц.
6. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127, 220 В или частотой 400 и 800 Гц напряжением 115 В.

Схема прибора

В структурную схему прибора Х1-1 (рис. 144) входят генератор частотно-модулированных колебаний, модулятор частоты, генератор низкой частоты, модулятор амплитуды, генератор колебаний фиксированной частоты, смеситель, выходной аттенюатор, ламповый вольтметр, генератор меток, блок электронно-лучевой трубки с усилителями, выносной пробник, блок питания.

Принципиальная схема прибора Х1-1 приведена на рис. 145.

Генератор частотно-модулированных колебаний работает на лампе $Л_1$ по двухтактной схеме с настроенными контурами в анодной и сеточной цепях.

Частотно-модулированные колебания возникают при изменении индуктивности катушки анодного контура вследствие изменения магнитной проницаемости алсиферового сердечника этой катушки.

По катушке постоянного подмагничивания ярма через переменное сопротивление R_{76} протекает постоянный ток, создающий начальное магнитное поле.

Рабочее поле подмагничивающего ярма обусловливается током через две другие катушки, включенные последовательно. По ним пропускается переменный ток от модулятора частоты, который вызывает частотную модуляцию высокочастотных колебаний генератора. Величина отклонения частоты (девиация) определяется амплитудой тока, протекающего через эти катушки.

Усилитель низкой частоты (модулятор частоты), работающий на лампе $Л_6$, служит для получения необходимого модулирующего тока в катушках. Нагрузкой усилителя является трансформатор, первичная обмотка которого с конденсаторами C_{15}, C_{22} образует колебательный контур с собственной частотой 220 Гц. Величина модулирующего тока устанавливается потенциометром R_{33}, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «девиация».

На вход усилителя сигнал подается от генератора низкой частоты, работающего на лампе $Л_{5б}$ по схеме RC-генератора.

Генератор колебаний фиксированной частоты работает на лампе $Л_8$ по двухтактной схеме с настроенными контурами в анодной и сеточной цепях. Частота колебаний генератора устанавливается в пределах от 200 до 290 МГц изменением емкости и индуктивности контура. Ручка регулировки выведена на переднюю панель и обозначена «несущая». Постоянство амплитуды колебаний генератора достигается специальной формой контура, включенного в анодную цепь генератора.

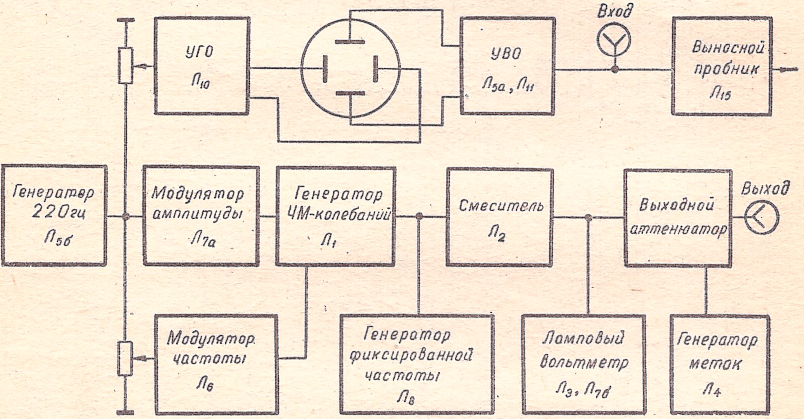


Рис. 144. Структурная схема прибора Х1-1.

От генератора высокочастотный сигнал через виток связи L_8 подается на смеситель, работающий на лампе $Л_2$. Сюда же подается сигнал второй гармоники (300 МГц) от генератора частотно-модулированных колебаний через фильтр C_3, L_9. В анодной цепи лампы смесителя выделяется напряжение биений с частотой 10—100 МГц. Величину напряжения (уровень выходного сигнала) на аноде смесителя можно изменять потенциометром R_8, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «выход».

Уровень выходного сигнала измеряется диодным ламповым вольтметром, работающим на лампе $Л_3$. Начальный ток диода компенсируется схемой компенсации, работающей на лампе $Л_{7б}$. Величина тока компенсации устанавливается потенциометром R_{16}, ручка которого выведена на переднюю панель (под шлиц).

Выходной сигнал из анодной цепи смесителя через декадный делитель, образованный сопротивлениями R_{17}— R_{24}, подается на выходное гнездо прибора. Необходимый коэффициент ослабления делителя устанавливается переключателем $П_1$ («1 : 1», «1 : 10», «1 : 100», «1 : 1000»). Выходное сопротивление делителя при этом изменяется в пределах 62—75 Ом.

Блок электроннолучевой трубки и усилителей включает в себя электроннолучевую трубку $Л_{14}$, усилитель вертикального отклонения, работающий на лампах $Л_{5а}$ и $Л_{11}$, и усилитель горизонтального отклонения (развертки), работающий на лампе $Л_{10}$. Вход усилителя вертикального отклонения соединен с гнездом «вход» осциллографа.

Коэффициент усиления усилителя устанавливается потенциометром R_{51}, ручка которого обозначена «усиление вертик.».

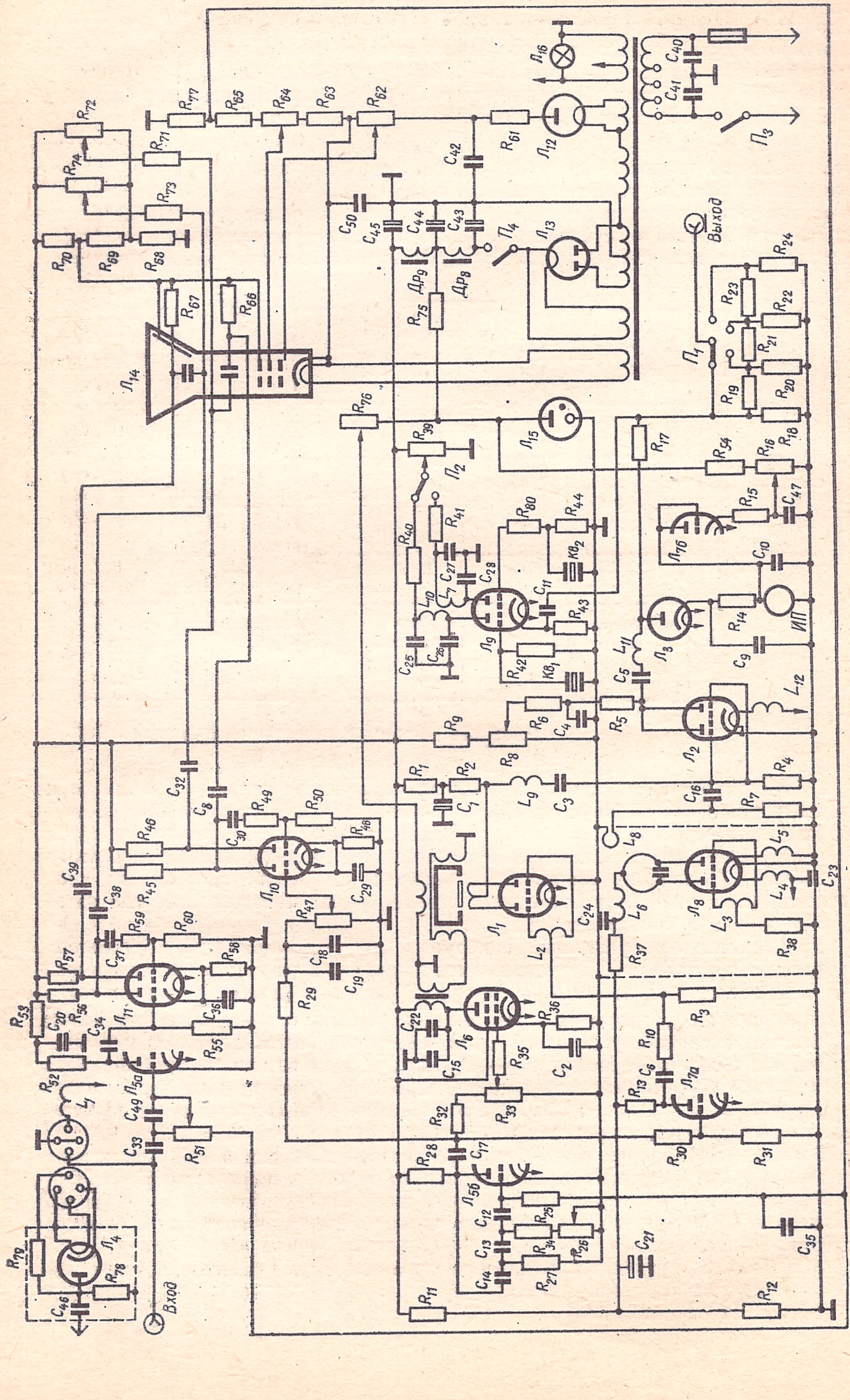

Вход
Выход
ИП
Л1
Л2
Л3
Л4
Л5а
Л5б
Л6
Л7а
Л7б
Л8
Л9
Л10
Л11
Л12
Л13
Л14
Л15
Л16
П1
П2
П3
П4
Др8
Др9
Кв1
Кв2
L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
L8
L9
L10
L11
L12

Рис. 145. Принципиальная схема прибора X1-1.

71. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Х1-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-2	3,3 кОм	R_{55}	ВС-0,25	1 МОм
R_2	ВС-0,25	100 Ом	R_{56}, R_{57}	ВС-1	100 кОм
R_3	ВС-0,25	18 кОм	R_{58}	ВС-0,5	3,9 кОм
R_4	ВС-0,25	100 кОм	R_{59}	ВС-0,5	1,8 МОм
R_5	ВС-0,25	1,5 кОм	R_{60}	ВС-0,25	56 кОм
R_6	ВС-1	1 кОм	R_{61}	ВС-0,25	47 кОм
R_7	ВС-0,25	68 Ом	R_{62}	СП-I-2А	470 кОм
R_8	СП-I-1Б	47 кОм	R_{63}	ВС-1	1 МОм
R_9	ВС-2	15 кОм	R_{64}	СП-I-2А	2,2 МОм
R_{10}	ВС-0,25	10 кОм	R_{65}	ВС-1	3,3 МОм
R_{11}	ВС-2	100 кОм	R_{66}, R_{67}	ВС-1	1,8 МОм
R_{12}	ВС-1	18 кОм	R_{68}—R_{70}	ВС-2	10 кОм
R_{13}	ВС-1	10 кОм	R_{71}	ВС-1	2,2 МОм
R_{14}	ВС-0,25	1,5 кОм	R_{72}	СП-I-2А	220 кОм
R_{15}	ВС-0,25	1 кОм	R_{73}	ВС-1	2,2 МОм
R_{16}	СП-I-2Б	6,8 кОм	R_{74}	СП-I-2А	220 кОм
R_{17}	ВС-0,25	150 Ом	R_{75}	ПО-20	4 кОм
R_{18}	ВС-0,25	82 Ом	R_{76}	Проволочный	5 кОм
R_{19}	ВС-0,25	680 Ом			
R_{20}	ВС-0,25	82 Ом	R_{77}	ВС-0,25	8,2 кОм
R_{21}	ВС-0,25	680 Ом	R_{78}	ВС-0,25	22 кОм
R_{22}	ВС-0,25	82 Ом	R_{79}	ВС-0,25	2,2 кОм
R_{23}	ВС-0,25	680 Ом	R_{80}	ВС-0,25	100 Ом
R_{24}	ВС-0,25	68 Ом	C_1	КЭ-2	10 мкФ
R_{25}	ВС-0,25	470 кОм	C_2	КТК-1-Ж	100 пФ
R_{26}	СП-II-2А	220 кОм	C_3	КТК-1-Ж	18 пФ
R_{27}	ВС-0,25	82 кОм	C_4	Специальный	—
R_{28}	ВС-0,5	100 кОм			
R_{29}	ВС-0,5	1 МОм	C_5	КСО-5	1000 пФ
R_{30}	ВС-0,5	1 МОм	C_6	КМБГ	0,5 мкФ
R_{31}	ВС-0,5	330 кОм	C_8	Специальный	—
R_{32}	ВС-0,5	1 МОм			
R_{33}	СП-I-2А	470 кОм	C_9, C_{10}	КСО-5	1000 мкФ
R_{34}	ВС-0,25	120 кОм	C_{11}	КТК-1-Ж	33 мкФ
R_{35}	ВС-0,25	1,2 кОм	C_{12}	КСО-5	680 мкФ
R_{36}	ВС-1	330 Ом	C_{13}	КСО-5	2200 мкФ
R_{37}	ВС-2	4,7 кОм	C_{14}	КСО-5	3300 мкФ
R_{38}	ВС-0,25	10 кОм	C_{15}	КБГ-МП	0,1 мкФ
R_{39}	СП-I-2А	220 кОм	C_{16}	КТК-1-Ж	18 пФ
R_{40}, R_{41}	ВС-1	10 кОм	C_{17}	КБГ-МП	0,1 мкФ
R_{42}	ВС-0,25	1 МОм	C_{18}	КСО-5	10 000 пФ
R_{43}	ВС-0,25	1,5 кОм	C_{19}	КСО-5	4700 пФ
R_{44}	ВС-0,25	1 МОм	C_{20}	КЭ-2	10 мкФ
R_{45}, R_{46}	ВС-1	100 кОм	C_{21}	КЭ-2	50 мкФ
R_{47}	СП-I-2А	470 кОм	C_{22}	КБГ-МП	0,5 мкФ
R_{48}	ВС-0,5	1 кОм	C_{23}, C_{24}	Специальный	—
R_{49}	ВС-0,25	1 МОм			
R_{50}	ВС-0,25	27 кОм	C_{25}	КБГ-И	0,01 мкФ
R_{51}	СП-I-2А	220 кОм	C_{26}	КТК-1-Ж	22 пФ
R_{52}	ВС-1	33 кОм	C_{27}	КБГ-И	0,01 мкФ
R_{53}	ВС-0,5	4,7 кОм	C_{28}	КТК-1-Ж	18 пФ

Продолжение табл. 71

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_{29}	КЭ-2	50 мкФ	$Л_1$, $Л_2$	6Н15П	—
C_{30}	КБГ-МП-3Н	0,5 мкФ	$Л_3$, $Л_4$	4Д5С	—
C_{32}	КБГ-МП-2В	0,25 мкФ	$Л_5$	6Н7С	—
C_{33}	КМБГ	0,5 мкФ	$Л_6$	6П6С	—
C_{34}	КМБГ	0,1 мкФ	$Л_7$	6Н8С	—
C_{35}, C_{36}	КЭ-2	50 мкФ	$Л_8$, $Л_9$	6Н15П	—
C_{37} — C_{39}	КМБГ	0,1 мкФ	$Л_{10}$, $Л_{11}$	6Н8С	—
C_{40}, C_{41}	КСО-5	5600 пФ	$Л_{12}$	2Ц2С	—
C_{42}	КБГ-П	0,5 мкФ	$Л_{13}$	5Ц3С	—
C_{43} — C_{45}	КЭ-2	20 мкФ	$Л_{14}$	13ЛО37	—
C_{46}	КТК-1-Ж	100 пФ	$Л_{15}$	СГ2С	—
C_{47}	КСО-2	470 пФ	$Л_{16}$	МН-14	6,3В; 0,28А
C_{49}	КСО-2	100 пФ	ИП	Микроамперметр	—
C_{50}	КБГ-П	0,05 мкФ			

В качестве напряжения развертки используется напряжение от генератора низкой частоты ($Л_{5б}$). Величина развертки регулируется потенциометром R_{17}, ручка которого на передней панели обозначена «усиление горизонт.».

Питание электронной пушки, регулировка яркости и фокусировка изображения осуществляются напряжениями, снимаемыми с общего потенциометра, образованного сопротивлениями R_{62}— R_{65}, R_{77} и R_{68}— R_{70}.

Яркость регулируется потенциометром R_{62}, ручка которого на передней панели обозначена «яркость». Изображение фокусируется потенциометром R_{64}, ручка которого обозначена «фокус».

Изображения по вертикали и горизонтали перемещаются относительным изменением потенциалов отклоняющих пластин трубки соответственно потенциометрами R_{74} и R_{72}, ручки которых на передней панели обозначены «смещение Y» и «смещение X».

Для получения линии отсчета (нулевой линии) в приборе используется амплитудная модуляция генератора частотно-модулированных колебаний, которая производится модулятором амплитуды, работающим на лампе $Л_{7а}$ по схеме анодного и сеточного ограничения. При этом генератор частотно-модулированных колебаний ($Л_1$) генерирует колебания только в течение одного полупериода модулирующего напряжения, которое берется от генератора низкой частоты ($Л_{5б}$).

Масштаб оси частот (развертки) оценивается по калибрационным меткам, которые генерируются кварцевым калибратором, работающим на лампе $Л_9$. Цена калибрационных меток (10 или 1 МГц) устанавливается переключателем $П_2$, обозначенным на передней панели «10 Мгц—1 Мгц».

Напряжение высокочастотных колебаний кварцевого калибратора (1 или 10 МГц и их гармоники) подается на выходной делитель. Нулевые биения, получающиеся на нагрузке детектора настраиваемого объекта (выносного пробника), подаются на усилитель вертикального отклонения и появляются на экране трубки в виде характерных меток, расположенных с интервалами в 1 или 10 МГц. Амплитуда калибрационных меток регулируется потенциометром R_{39}, ручка которого на передней панели обозначена «ампл. меток».

Блок питания прибора состоит из двух выпрямителей, работающих на лампах $Л_{12}$ и $Л_{13}$. Катушка постоянного подмагничивания ярма и схема компенсации начального тока диода выходного индикатора питаются напряжением от стабилизатора, работающего на лампе $Л_{15}$. В блоке питания предусмотрено раздельное включение цепей низкого и высокого напряжения переключателями $П_3$ и $П_4$, обозначенными на передней панели соответственно «сеть» и «анод».

Выносной пробник представляет собой диодный детектор, работающий на лампе $Л_4$. Он подключается к прибору и питается через фишку, установленную на передней панели прибора.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Х1-1 приведена в табл. 71.

Подготовка прибора к работе

В комплект прибора Х1-1 входят генератор, кабель питания и выносной пробник с кабелем.

Все элементы управления генератором выведены на переднюю панель прибора (рис. 146). Переключатель силового трансформатора, предохранитель и колодка питания расположены на задней панели.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения переключателя силового трансформатора напряжению сети.
2. Установить переключатели анодного напряжения и сети в положение «выкл.».
3. Установить ручку «яркость» в крайнее левое положение.
4. Подключить кабель питания к прибору и к сети.
5. Включить питание, поставив переключатель сети в положение «вкл.» (при этом должна загореться сигнальная лампочка), и дать прибору прогреться в течение 1—2 мин.
6. Перевести переключатель «анод» в положение «вкл.».
7. Ручками «яркость» и, при необходимости, «фокус», «смещение Y», «смещение X» и «усиление горизонт.» установить на экране трубки четко видимую линию развертки.
8. Ручку «выход» повернуть до упора вправо. При этом микроамперметр на передней панели прибора должен показывать 50—80 мкА.

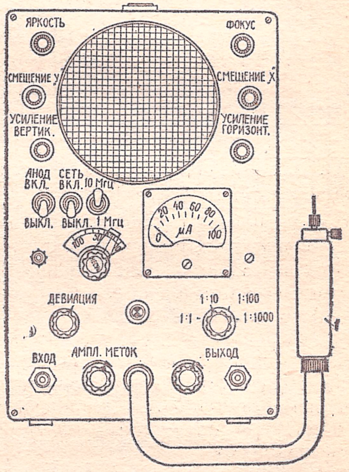


Рис. 146. Вид передней панели прибора Х1-1.

Примечание. При необходимости стрелку микроамперметра в положение «0» устанавливают при крайнем левом положении ручки «выход», вращая отверткой шлиц, находящийся справа от микроамперметра.

Работа с прибором

Для установки масштаба развертки необходимо:

1. К фишке прибора подключить выносной пробник.
2. Переключатель меток установить в положение «1 Мгц».
3. Вход выносного пробника подключить к гнезду «выход» прибора.
4. Ручку «несущая» установить на 10 МГц по шкале.
5. Ручками «девиация» и «усиление горизонт.» установить удобное для отсчета изображение с метками. При необходимости величина меток регулируется ручкой «ампл. меток».
6. Определить масштаб развертки, подсчитав количество меток (метка и интервал), приходящихся на линию развертки или на одну клетку масштабной сетки, наложенной на экран трубки (рис. 147).
7. При работе с данным масштабом в дальнейшем ручки «девиация» и «усиление горизонт.» не трогать.

Установка несущей частоты. Необходимая несущая частота генератора устанавливается ручкой «несущая» по показаниям шкалы «Мгц». В этом случае установленному по шкале значению соответствует частота средней точки изображения по оси частот (развертки). При этом погрешность установки частоты не превышает ±3 МГц.

Для установки частоты средней точки изображения, кратной 10 МГц, следует включить метки «10 Мгц» (переключателем длительности меток и ручкой «ампл. меток») и вращением ручки «несущая» вблизи выбранного значения частоты установить метку точно в среднюю точку изображения.

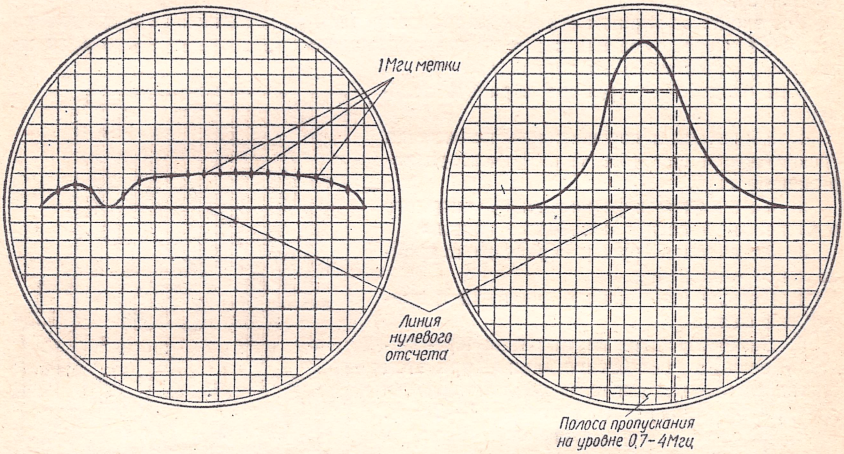


Рис. 147. Изображение на ЭЛТ при установке масштаба и настройке.

Для установки частоты средней точки изображения, кратной 1 МГц, после установки частоты, как описано выше, необходимо включить метки «1 Мгц» и установить ближайшую метку точно в среднюю точку изображения.

Частоту средней точки изображения, не кратной 1 МГц, устанавливают аналогично интерполяцией.

Настройка усилителей, имеющих на выходе детектор

При настройке серийно выпускаемого усилителя частотно-модулированный сигнал можно подавать на вход усилителя и производить настройку покаскадно в любой последовательности.

Макет усилителя с неточно определенными параметрами контура целесообразнее настраивать покаскадно, начиная с последнего каскада. В этом случае частотно-модулированный сигнал следует подавать на вход настраиваемого каскада.

Для настройки усилителя с помощью прибора X1-1 (рис. 148,*а*) необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить масштаб развертки и необходимую несущую частоту генератора.
3. Соединить «вход» прибора низкочастотным кабелем с нагрузкой детектора исследуемого усилителя через дроссель или сопротивление 5—10 кОм.
4. Соединить высокочастотным кабелем выход прибора с входом усилителя каскада.
5. Ручкой «усиление вертик.» установить на экране трубки удобное для настройки изображение частотной характеристики усилителя.
6. Изменяя параметры усилителя (каскада), добиться того, чтобы пик изображения частотной характеристики на экране трубки приходился на среднюю

точку изображения, а полоса пропускания соответствовала заданной. Полоса пропускания усилителя (каскада) определяется с учетом масштаба развертки или подсчетом числа меток на определенном уровне. При этом за единицу принимается уровень от нулевой линии до пика частотной характеристики.

7. По мере приближения настройки каскадов к выходу усилителя выходное напряжение генератора Х1-1 можно уменьшать переключателем делителя и ручкой «выход».

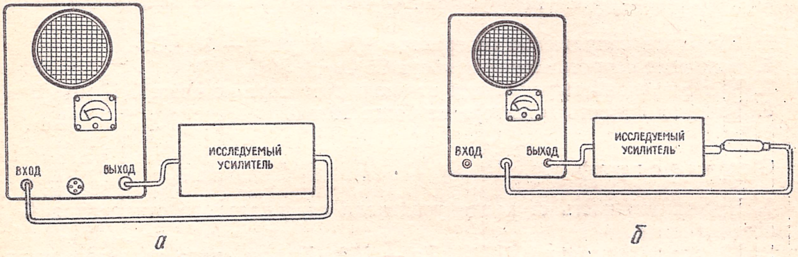


Рис. 148. Схемы установки для настройки усилителя:
а — с детектором на выходе; *б* — без детектора на выходе

Усилители без детектора на выходе настраивают так же, как и с детектором, только выход исследуемого усилителя соединяют с выходом прибора (рис. 148, *б*) через выносной пробник. В этом случае кабель выносного пробника через фишку подключают к выходу усилителя; земляной зажим пробника должен быть соединен с корпусом усилителя.

Прибор для исследования амплитудно-частотных характеристик ПНТ-2

Предназначен для настройки телевизионных приемников. Прибором ПНТ-2 можно:

корректировать частотные характеристики УПЧ каналов изображения и звука супергетеродинных приемников;

проверять и налаживать работу ограничителя в канале звука;

настраивать УКВ ступени приемников на трех каналах телевизионного вещания;

настраивать дискриминатор в канале звука;

проверять чувствительность приемников;

измерять волновое сопротивление несимметричных кабелей;

проверять согласование входа приемника с кабелем;

настраивать генераторы разверток.

Прибором ПНТ-2 можно пользоваться в условиях лаборатории, ремонтной мастерской и на месте установки телевизора. Он выполняется в двух вариантах, которые различаются диапазонами частот.

Основные технические характеристики

Генератор ЧМ

1. Диапазоны и полосы качания частоты, МГц

1-й вариант	2-й вариант
7— 9	23—30
10—16	30—40

48—58	48—58
58—68	58—68
75—85	75—85

2. Пределы регулировки средней частоты не менее 3%.
3. Градуировка частотной шкалы производится через 1 МГц.

Отметки, кратные 10 МГц, выделяются по амплитуде.

4. Максимальный коэффициент паразитной амплитудной модуляции не более 20%.
5. Выходное напряжение генератора ЧМ 10 мкВ — 75 мВ.
6. Выходное сопротивление прибора 75 Ом ± 20%.
7. Чувствительность усилителя от входа детектора не менее 0,15 мм/мВ эфф.
8. Входная емкость детектора не более 10 пФ.

Осциллограф

1. Чувствительность от входа усилителя вертикального отклонения (УВО) не менее 0,1 мм/мВ.
2. Полоса пропускания УВО 10 Гц — 150 кГц при спаде характеристики не более 50% на частоте 100 кГц по отношению к усилению на частоте 10 кГц.
3. Частота развертки 25, 500 и 5000 Гц с плавной регулировкой.
4. Питание прибора от сети переменного тока напряжением 110, 127, 220 В частотой 50 Гц.

Схема прибора

Структурная схема прибора (рис. 149) содержит генератор УКВ, генератор промежуточных частот, модулятор частоты, генератор развертки, усилитель синхронизации, генератор меток (маркер), смеситель, выходной и выносной делители, блок электроннолучевой трубки с усилителями, блок питания, выносной детектор.

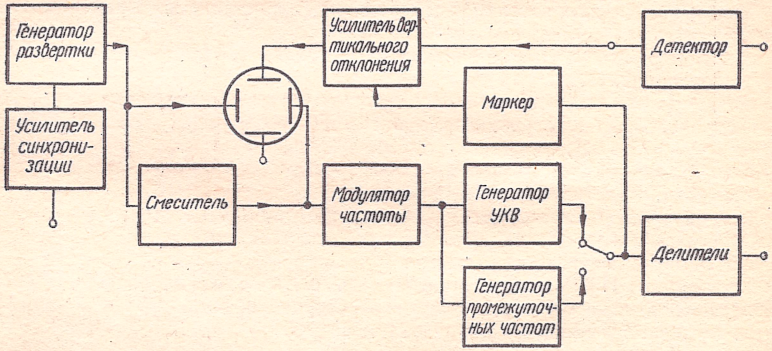

Генератор развертки
Усилитель синхронизации
Усилитель вертикального отклонения
Детектор
Маркер
Смеситель
Модулятор частоты
Генератор УКВ
Делители
Генератор промежуточных частот

Рис. 149. Структурная схема прибора ПНТ-2

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 150.

Генератор УКВ (одинаковый в обоих вариантах прибора) работает на лампе $Л_2$ по схеме с автотрансформаторной обратной связью. Частота генератора устанавливается изменением параметров контура переключателем $П_1$, который выведен на переднюю панель и обозначен «диапазоны» (рис. 151).

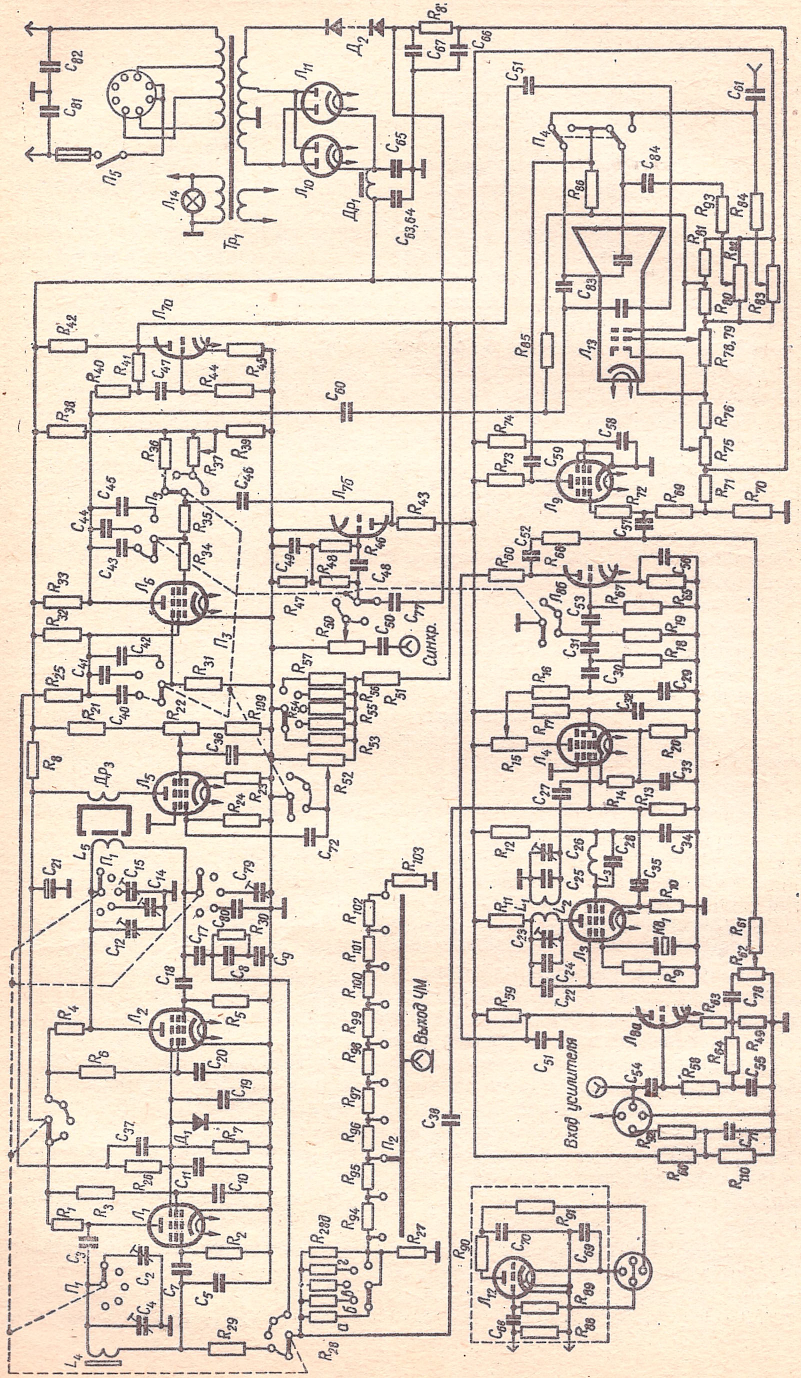

Выход ЧМ
Вход усилителя
Синхр.
Тр1
Др1
Др2
Др3
Д1
Д2
Л1
Л2
Л4
Л5
Л6
Л7а
Л7б
Л8а
Л8б
Л9
Л10
Л11
Л12
Л13
Л14
П1
П2
П3
П4
П5
Кв1

Рис. 150. Принципиальная схема прибора ПНТ-2.

Генератор УКВ обеспечивает получение частот основных каналов телевизионного вещания (48—58; 58—68 и 75—85 МГц).

Генератор промежуточных частот работает на лампе $Л_1$ по схеме с автотрансформаторной обратной связью. Частота генерирования изменяется при изменении параметров контура генератора тем же, что и для генератора УКВ, переключателем $П_1$. Генератор промежуточных частот обеспечивает получение частот 7—9; 10—16 МГц в приборах первого и 28—30; 30—40 МГц в приборах второго варианта.

Тот или другой генератор включается при подаче напряжения на аноды этих генераторов переключателем $П_1$ после установки соответствующей частоты.

Частотная модуляция колебаний генераторов в модуляторе происходит за счет изменения магнитной проницаемости сердечников контурных катушек генераторов (L_5 для генератора УКВ и L_4 для генератора промежуточных частот), вызванной изменением магнитного поля подмагничивающего дросселя $Др_3$, включенного в анодную цепь модулятора. Модулятор частоты представляет собой усилитель, работающий на лампе $Л_5$. Анодный ток модулятора (и ток через дроссель) изменяется по закону пилообразного напряжения, подаваемого на управляющую сетку усилителя от генератора развертки ($Л_6$, $Л_{7а}$).

Средняя частота частотно-модулированного генератора устанавливается регулировкой начального анодного тока усилителя при изменении напряжения экранной сетки потенциометром R_{22}. Ручка потенциометра на передней панели обозначена «ср. частота».

Девиация частоты (полоса качания), а вместе с этим и масштаб развертки устанавливаются изменением величины напряжения, подаваемого на усилитель от генератора развертки. Эта регулировка производится потенциометром R_{52}, ручка которого обозначена «масштаб».

Частотно-модулированный сигнал с контура через переключатель $П_1$ подается на выходной делитель, образованный сопротивлениями R_{94}— R_{103}, а затем через переключатель $П_2$, обозначенный «вых. напр.», на гнездо выхода.

На время обратного хода развертки генераторы частотно-модулированных колебаний запираются импульсами напряжений, подаваемыми на пентодные сетки от генератора развертки, а на экране трубки получается линия нулевого отсчета.

Генератор меток состоит из кварцевого генератора, собранного на лампе $Л_3$, и смесителя на лампе $Л_4$. Генератор меток генерирует напряжение частот 1 МГц. Контуры в анодной цепи лампы $Л_3$ (L_1, C_{23}, C_{24} и L_2, C_{25}, C_{26}) настроены на частоту 10 МГц. На первую сетку смесителя поступают колебания частотой 10 МГц, а на третью — частотой 1 МГц и частотно-модулированные колебания от генератора УКВ или генератора промежуточных частот.

В результате работы смесителя ($Л_4$) на его анодной нагрузке R_{15} выделяются нулевые биения, которые после усиления каскадом на лампах $Л_{8б}$ и $Л_9$ подаются на вертикально отклоняющие пластины трубки и проявляются на экране в виде характерных меток. При этом метка, соответствующая частоте 10 МГц, имеет большую амплитуду. Амплитуда меток регулируется потенциометром R_{15}, ручка которого на передней панели обозначена «ампл. маркера».

Генератор развертки представляет собой транзитронный генератор пилообразного напряжения, работающий на лампе $Л_6$. Частота колебаний устанавливается изменением постоянной времени RC-цепочек переключателем $П_3$ (грубо) и изменением сопротивления R_{37} (плавно). Ручки переключателя $П_3$ и сопротивления R_{37} на передней панели обозначены «частота развертки» соответственно «грубо» и «плавно». Напряжение развертки на одну пластину трубки подается непосредственно из анодной цепи лампы $Л_6$, а на другую — через фазоинверсный каскад, собранный на лампе $Л_{7а}$.

В приборе ПНТ-2 генератор развертки вырабатывает напряжение частотой 50 Гц, синхронизируемое частотой сети. Напряжение синхронизации снимается с выхода усилителя, работающего на лампе $Л_{7б}$.

Кроме того, генератор развертки допускает внешнюю синхронизацию. Син-

72. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа ПНТ-2

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-1	5,1 кОм	R_{49}	ВС-1	22 кОм
R_2	ВС-0,25	30 кОм	R_{50}	СП-I-2Б	470 кОм
R_3	ВС-0,5	20 кОм	R_{51}	ВС-0,25	820 кОм
R_4	ВС-1	5,1 кОм	R_{52}	СП-I-2Б	470 кОм
R_5	ВС-0,25	30 кОм	R_{53}	ВС-0,25	510 кОм
R_6	ВС-0,5	10 кОм	R_{54}	ВС-0,25	2 МОм
R_7	ВС-0,25	1 МОм	R_{55}	ВС-0,25	820 кОм
R_8	ВС-2	10 кОм	R_{56}	ВС-0,25	510 кОм
R_9	ВС-0,25	510 кОм	R_{57}	ВС-0,25	300 кОм
R_{10}	ВС-0,25	36 Ом	R_{58}	ВС-0,25	1 МОм
R_{11}	ВС-1	5,1 кОм	R_{59}	ВС-1	20 кОм
R_{12}	ВС-0,5	82 кОм	R_{60}	ВС-0,5	100 кОм
R_{13}, R_{14}	ВС-0,25	100 кОм	R_{61}	ВС-0,25	51 кОм
R_{15}	СП-I-2Б	470 кОм	R_{62}	СП-I-2Б	47 кОм
R_{16}	ВС-0,25	100 кОм	R_{63}	ВС-0,25	1,2 кОм
R_{17}	ВС-0,5	300 кОм	R_{64}	ВС-0,25	39 кОм
R_{18}	ВС-0,25	200 кОм	R_{65}	ВС-0,25	3 кОм
R_{19}	ВС-0,25	100 кОм	R_{66}	ВС-0,25	200 кОм
R_{20}	ВС-0,25	150 Ом	R_{67}, R_{68}	ВС-0,25	100 кОм
R_{21}	ВС-0,5	47 кОм	R_{69}	ВС-0,25	1 МОм
R_{22}	СП-I-2Б	47 кОм	R_{70}	ВС-0,25	9,1 кОм
R_{23}	ВС-1	1,2 кОм	R_{71}	ВС-0,5	1,8 МОм
R_{24}	ВС-0,25	1 МОм	R_{72}	ВС-0,25	100 Ом
R_{25}	ВС-0,25	39 кОм	R_{73}	ВС-2	20 кОм
R_{26}	ВС-0,25	510 кОм	R_{74}	ВС-0,5	82 кОм
R_{27}	ВС-0,25	300 Ом	R_{75}	ВС-ТК	50 кОм
$R_{28}а$	ВС-0,5	380 Ом	R_{76}	ВС-0,25	3 кОм
$R_{28}б$	ВС-0,5	390 Ом	R_{78}	СП-I-2Б	100 кОм
$R_{28}в$	ВС-0,5	470 Ом	R_{79}	ВС-2	560 кОм
$R_{28}г$	ВС-0,5	510 Ом	R_{80}, R_{81}	ВС-0,25	51 кОм
$R_{28}д$	ВС-0,5	560 Ом	R_{82}, R_{83}	СП-I-2Б	1 МОм
R_{29}	ВС-0,25	2,7 кОм	R_{84}—R_{86}	ВС-0,25	5,1 МОм
R_{30}	ВС-0,5	150 Ом	R_{87}	ВС-0,5	100 кОм
R_{31}	ВС-0,5	51 кОм	R_{88}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{32}	ВС-1	82 кОм	R_{89}	МЛТ-0,5	5,1 МОм
R_{33}	ВС-1	39 кОм	R_{90}	МЛТ-0,5	5,1 кОм
R_{34}	ВС-0,25	1 кОм	R_{91}	МЛТ-0,5	2 кОм
R_{35}	ВС-0,25	15 кОм	R_{92}	ВС-0,5	100 кОм
R_{36}	ВС-0,25	30 кОм	R_{93}	ВС-0,25	5,1 МОм
R_{37}	СП-I-2Б	470 кОм	R_{94}—R_{103}	ВС-0,25	27 Ом
R_{38}	ВС-0,5	200 кОм	R_{109}	ВС-0,5	82 кОм
R_{39}	ВС-0,25	100 кОм	R_{110}	ВС-0,5	20 кОм
R_{40}	ВС-0,25	200 кОм	C_1	КДК-2-Д	51 пФ
R_{41}	ВС-0,25	270 кОм	C_2	КПК-2	10—100 пФ
R_{42}	ВС-1	39 кОм	C_3	КТК-3-б-Д	510 пФ
R_{43}	ВС-0,5	150 кОм	C_4	КПК-1	8—30 пФ
R_{44}	ВС-0,25	1 МОм	C_5	КДК-2-Д	51 пФ
R_{45}	ВС-0,25	2,2 кОм	C_6	КТК-2-б-Д	100 пФ
R_{46}	ВС-0,25	51 кОм	C_7	КДК-2-Д	51 пФ
R_{47}	ВС-0,25	150 кОм	C_8	КДК-1-Д	3 пФ
R_{48}	ВС-0,25	51 кОм	C_9	КДК-1-Д	10 пФ

Продолжение табл. 72

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_{10}	КБГ-И	0,01 мкФ	C_{52}, C_{53}	КТК-2-б-Д	100 пФ
C_{11}	КТК-3-б-Д	510 пФ	C_{54}	КБГ-МП-2в	0,5 мкФ
C_{12}	КПК-1	2—7 пФ	C_{55}, C_{56}	КБГ-И	0,1 мкФ
C_{13}	КДК-1-Д	20 пФ	C_{57}	КБГ-МП-2в	0,5 мкФ
C_{14}, C_{15}	КПК-1	8—30 пФ	C_{58}	КЭ-2	10 мкФ
C_{16}	КДК-2-Д	10 пФ	C_{59}—C_{62}	КБГ-М2	0,1 мкФ
C_{17}	КДК-2-Д	62 пФ	C_{63}—C_{65}	КЭ-2	20 мкФ
C_{18}	КДК-1-Д	30 пФ	C_{66}, C_{67}	КБГ-МП-2в	0,5 мкФ
C_{19}	КТК-3-б-Д	510 пФ	C_{68}	КДК-2-Д	51 пФ
C_{20}	КБГ-И	0,01 мкФ	C_{69}, C_{70}	КТК-1-б-Д	100 пФ
C_{21}	КЭ-1б	10 мкФ	C_{71}	КБГ-МП-2в	0,5 мкФ
C_{22}	КБГ-И	0,01 мкФ	C_{72}	КБГ-И	0,1 мкФ
C_{23}	КПК-1	8—30 пФ	C_{73}	КБГ-И	3300 пФ
C_{24}, C_{25}	КДК-2-Д	51 пФ	C_{74}, C_{75}	КСО-5	6800 пФ
C_{26}	КПК-1	8—30 пФ	C_{76}	КЭ-1б	30 мкФ
C_{27}, C_{28}	КДК-2-Д	100 пФ	C_{77}	КСО-5	5100 пФ
C_{29}	КДК-1-Д	20 пФ	C_{78}	КЭ-1б	20 мкФ
C_{30}, C_{31}	КТК-1-б-Д	100 пФ	C_{79}, C_{80}	КЭ-1	8—30 пФ
C_{32}—C_{34}	КБГ-И	0,01 мкФ	C_{81}, C_{82}	КСО-5	6800 пФ
C_{35}	КДК-1-Д	5 пФ	L_1	—	3,5 мГ
C_{36}	КЭ-2	10 мкФ	L_2	—	33 мГ
C_{37}	КБГ-МП-2в	0,5 мкФ	L_3	—	225 мГ
C_{38}	КДК-1-М	1 пФ	L_4	—	0,9 мГ
C_{39}	КДК-1-Д	4 пФ	L_5	—	1,45 мГ
C_{40}	КБГ-И	0,1 мкФ	$Л_1$—$Л_3$	6Ж4	—
C_{41}	КБГ-И	4700 пФ	$Л_4$	6А7	—
C_{42}	КТК-3-б-Д	510 пФ	$Л_5$	6Ж8	—
C_{43}	КБГ-И	0,1 мкФ	$Л_6$	6Ж4	—
C_{44}	КБГ-И	4700 пФ	$Л_7$, $Л_8$	6Н8С	—
C_{45}	КТК-3-б-Д	510 пФ	$Л_9$	6Ж4	—
C_{46}, C_{47}	КБГ-И	0,1 мкФ	$Л_{10}$, $Л_{11}$	6Ц5С	—
C_{48}	КДК-1-Д	10 пФ	$Л_{12}$	6С1П	—
C_{49}	КДК-2-Д	51 пФ	$Л_{13}$	8ЛО29	—
C_{50}	КБГ-И	0,01 мкФ	$Л_{14}$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
C_{51}	КЭ-2	10 мкФ			

хронизирующее напряжение подводится к усилителю через гнездо «синхронизация». Амплитуда синхронизирующего сигнала регулируется потенциометром R_{50}, ручка которого обозначена «синхронизация».

Детектор, выполненный в виде выносной головки, работает по схеме сеточного детектора, который собран на лампе $Л_{12}$. Выход детектора подключается (через фишку) ко входу усилителя вертикального отклонения, работающего на лампах $Л_{8a}$ и $Л_9$. В настраиваемом приемнике сигнал после детектора приемника подается на вход УВО (лампа $Л_{8a}$) через входное гнездо. Усиление УВО регулируется потенциометром R_{62}, ручка которого обозначена «ус.н.ч.».

Блок питания прибора состоит из двух выпрямителей, собранных на лампах $Л_{10}$, $Л_{11}$, и селенового столбика $Д_2$. Первый выпрямитель служит для питания всех каскадов прибора, второй — для питания цепей электроннолучевой трубки.

Яркость трубки регулируется потенциометром R_{75}, ручка которого на передней панели обозначена «яркость» и одновременно является ручкой переключателя питания. Луч фокусируется потенциометром R_{78}, ручка которого обозначена «фокус». Изображение смещается вертикально потенциометром R_{83}, ручка которого обозначена «верт. смещ.».

Выносной делитель представляет собой схему на сопротивлениях и позволяет изменять амплитуду сигнала в 10 и 100 раз.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа ПНТ-2 приведена в табл. 72.

Подготовка прибора к работе

В комплект прибора ПНТ-2 входят генератор ЧМ с осциллографом, выносной детектор, кабель, высокочастотный кабель с делителем и низкочастотный кабель. Кабели хранятся в крышке прибора.

Элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 151). Переключатель силового трансформатора, предохранитель и гнездо «вход 1 : 1» расположены на задней панели, фишка для подключения выносного детектора и гнезда «выход ЧМ», «синхронизация» и «вход усилителя» — на правой боковой стенке.

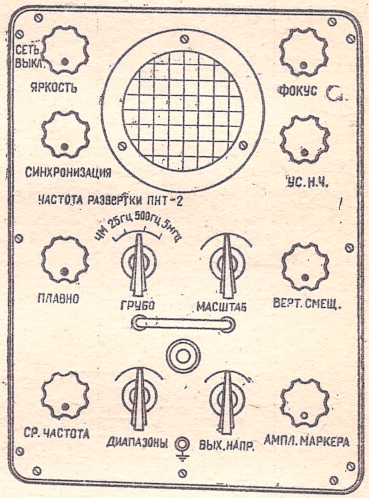


Рис. 151. Вид передней панели прибора ПНТ-2.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения переключателя силового трансформатора напряжению сети.
2. Установить ручку «яркость» в крайнее левое (фиксированное) положение.
3. Подключить кабель питания к прибору и к сети.
4. Подключить кабель выносного детектора к прибору. Вход детектора соединен с гнездом «вход 1 : 1» выносного делителя. Кабель делителя вставить в гнездо «выход ЧМ». Клемму «земля» надежно заземлить.
5. Включить питание, повернув ручку «яркость» по часовой стрелке (при этом должна загореться сигнальная лампочка), и дать прибору прогреться 1—2 мин.
6. Ручками «яркость», «фокус» и «масштаб» установить необходимую яркость, фокусировку и положение изображения на экране трубки. Если генератор ЧМ исправен, то изображение частотной характеристики на экране при максимальной полосе качания частоты должно иметь неравномерность не более 20%.
7. Вращая ручку «ампл. маркера», убедиться в нормальной работе генератора меток. При установке ручки в крайнее правое положение амплитуда меток должна быть не менее 2—3 мм.
8. Проверить регулировку масштаба и установку средней частоты. При вращении ручки «масштаб» интервал между метками изменяется, при вращении ручки «ср. частота» все метки перемещаются без изменения расстояния между ними.

Работа с прибором

Для настройки УПЧ канала изображения необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Отключить выносной детектор прибора.
3. В настраиваемом приемнике вынуть лампу гетеродина и отключить контур УКВ от сетки лампы смесителя.

4. Соединить сетку смесителя с выносным делителем (клемма 1 : 10).

5. Ручку «ус.н.ч.» повернуть в крайнее правое положение.

6. Нагрузку детектора приемника через сопротивление 20—100 кОм низкочастотным кабелем соединить с гнездом «вход усилителя». На экране трубки должна появиться кривая частотной характеристики. На рис. 152, *а* представлен примерный вид такой характеристики, высота изображения которой регулируется ручкой «вых. напр.».

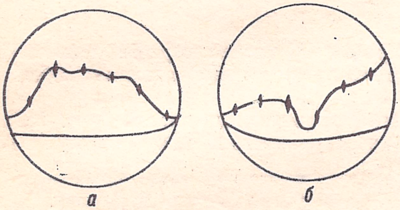


Рис. 152. Изображение частотной характеристики на ЭЛТ:
а — усилителя; *б* — режекторного фильтра.

7. Необходимая форма кривой (полоса пропускания) достигается настройкой регулируемых элементов УПЧ. Полоса пропускания определяется количеством меток на изображении кривой (за метку принимается отметка и интервал между двумя отметками). Частота большой метки соответствует частоте, кратной 10 МГц, и лежит в пределах диапазона, установленного переключателем «диапазоны». Метки, расположенные левее, соответствуют меньшей частоте, правее — большей.

8. Режекторный фильтр настраивается изменением параметров контура до получения резкого провала (сигнал ЧМ должен быть максимальным) характеристики усилителя при частоте звука (рис. 152, *б*).

Для настройки канала звука схема соединения прибора и приемника такая же, как при настройке УПЧ канала изображения, но низкочастотный кабель следует соединить с цепочкой *RC* лампы ограничителя (точка *А* на рис. 153, *а*) через сопротивление 200—300 кОм.

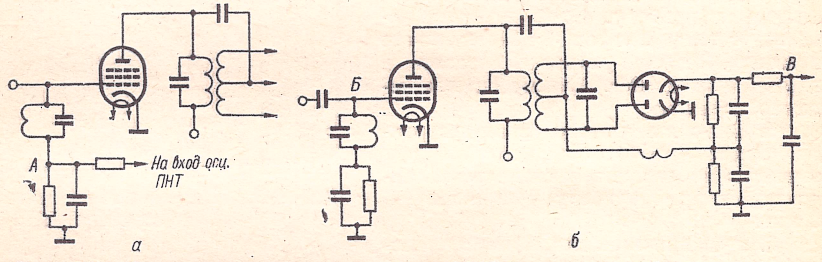


Рис. 153. Схема подключения прибора ПНТ-2 для настройки:
а — канала звука; *б* — дискриминатора.

После включения приемника и прибора на экране трубки появится изображение частотной характеристики УПЧ канала звука. Примерный вид характеристики показан на рис. 154, *а*. Регулировкой элементов УПЧ канала звука добиваются необходимой формы и полосы частотной характеристики.

Для настройки дискриминатора необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Отключить выносной детектор.

3. Гнездо делителя «вход 1 : 1» соединить с сеткой лампы ограничителя (точка *Б* на рис. 153, *б*).

4. Низкочастотным кабелем соединить гнездо «вход усилителя» с нагрузкой дискриминатора (точка *В*).

После включения приемника на экране прибора появится изображение частотной характеристики дискриминатора (рис. 154, *б*). Необходимую форму кривой получают регулировкой параметров дискриминатора.

Для настройки УКВ каскадов с апериодическим входом выходной делитель прибора включается непосредственно на вход приемника (согласующее сопротивление 75 Ом необходимо отпаять), для настройки каскадов с настраиваемым входом сигнал с делителя прибора подается на вход приемника через кабель (длиной 5—10 м) с волновым сопротивлением, равным сопротивлению входа (во многих приемниках 75 Ом).

При настройке приемников прямого усиления сигнал с нагрузки детектора подается через сопротивление 50—100 кОм на гнездо «вход усилителя». На экране трубки видна характеристика всего УКВ тракта.

При настройке УКВ каскадов супергетеродинного приемника сигнал на прибор подается с анода смесителя приемника через выносной детектор. При этом параллельно контуру в анодную цепь смесителя припаивают сопротивление 100—200 Ом, а накал лампы смесителя отпаивают. Из приемника лампу не вынимают.

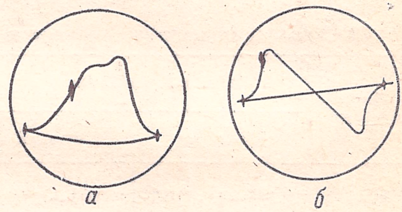


Рис. 154. Изображение частотной характеристики:
а — УПЧ канала звука; *б* — дискриминатора на ЭЛТ.

Необходимую форму частотной характеристики получают регулировкой тракта УКВ.

Для определения чувствительности приемника сигнал от прибора подается на вход приемника (с клеммы делителя 1—100). Сигнал снимается с детектора канала изображения или звука.

Чувствительность каждого канала приемника определяется по таблицам градуировки входа н. ч. и выхода частотной модуляции после установки высоты изображения 20 мм. Таблицы помещены на крышке прибора.

Пример. На экране трубки высота изображения характеристики канала звука получилась 20 мм при установке ручки «вых. напр.» в положение 4, а ручки «ус.н.ч.» — в положение 3.

По таблицам находим, что положение ручки «вых. напр.» соответствует напряжению 26 мВ, а положению ручки «ус.н.ч.» — напряжение 0,68 В на входе усилителя н.ч.

Таким образом, коэффициент усиления тракта приемника

$$K = \frac{U_{\text{вх. НЧ}}}{U_{\text{вых. ЧМ}}} = \frac{0{,}68}{26 \cdot 10^{-3}} = 26.$$

Для измерения волнового сопротивления кабеля после подготовки прибора к работе необходимо:

1. Вход выносного пробника соединить с одним концом (10—15 м).
2. Другой конец кабеля соединить с непроволочным переменным сопротивлением.
3. Изменять величину сопротивления до полного затухания колебательного процесса изображения на экране трубки.

После этого омметром измеряют величину переменного сопротивления (волновое сопротивление кабеля). Для согласования входа приемника с кабелем собирается такая же схема, как для измерения волнового сопротивления, но вместо переменного сопротивления подключается вход приемника.

Регулировкой элементов приемника добиваются полного затухания колебаний изображения в случае апериодического входа или затуханий колебаний в полосе рабочих частот.

Согласование необходимо проверить при максимальном сигнале частотной модуляции от прибора и максимальном усилении по низкой частоте.

ГЛАВА IX

УСИЛИТЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ (подгруппа У)

Основные характеристики усилителей измерительных приведены в табл. 73, 74

73. Усилители напряжения постоянного тока

Тип прибора	Пределы измерения		Погрешность измерения, %	Дрейф нуля, мВ/ч	Нелинейность амплитудной характеристики, %
	Тока, А	Э. д. с., В			
У1-2	10^{-13}—$5\cdot10^{-7}$	0,01— 3	5	2	2
У1-6	10^{-14}—10^{-9}	0,01—10	7—2,5	6	—
У1-7	10^{-13}—10^{-5}	0,01—10	6—2,5	6	—

74. Усилители переменного напряжения селективные

Тип прибора	Пределы измерения отношения напряжений	Погрешность измерения, %	Диапазон частот, кГц
У2-1А	0,01—1	3	0,2 —10
У2-3	0,01—1	6	0,4 —10
У2-4	0,0001—1	3 (шир. полоса)	0,15—20
	0,1—1	2 (узк. полоса)	

УСИЛИТЕЛИ СЕЛЕКТИВНЫЕ

Усилитель селективный У2-1А

Предназначен для испытания и настройки специальной радиоаппаратуры. Этим прибором можно усиливать и измерять слабые сигналы звуковой частоты.

Основные технические характеристики

1. Прибор обеспечивает усиление и измерение сигналов звуковой частоты в диапазоне 200—10 000 Гц.

2. Усилитель может работать в двух режимах: с широкой и с узкой полосой пропускания.

3. При работе в режиме с широкой полосой пропускания прибор имеет следующие характеристики:

максимальная чувствительность не более 25 мкВ при отклонении стрелки на всю шкалу;

частотная характеристика в диапазоне частот 400—5000 Гц равномерна, с погрешностью не более 2%, за пределами этого диапазона — не более ±5%;

усилитель дает возможность измерять напряжение в пределах от 10 мкВ до 0,2 В, а также отношения напряжений от 0,01 до 1 с погрешностью не более ±3%.

Погрешность измерения не более ±5% при частоте 1000 Гц; 7% в диапазоне частот 400—5000 Гц; 10% за пределами этого диапазона.

4. При работе в режиме с узкой полосой пропускания прибор имеет следующие характеристики:

максимальная чувствительность при настройке в резонанс составляет 10 мкВ, когда стрелка индикатора отклоняется на всю шкалу;

усилитель можно настраивать в резонанс на частоту 400—5000 Гц. При перестройке усилителя с одной частоты на другую коэффициент усиления меняется не более чем на 25%;

усилитель дает возможность измерять отношения напряжений от 0,1 до 1 с погрешностью не более 3%.

5. Вход усилителя имеет входное сопротивление не менее 500 Ом.

6. Амплитудная характеристика усилителя линейна с погрешностью не более 2,5%.

7. Питание усилителя от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 115, 127 и 220 В. Потребляемая мощность не более 80 Вт.

Схема прибора

Структурная схема прибора У2-1А (рис. 155) содержит аттенюатор, усилитель, ламповый вольтметр, калибратор, выпрямитель.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 156. Схема усилителя состоит из входной цепи и трех каскадов усиления.

Вход усилителя трансформаторный ($Тр_1$) и рассчитан на работу от детекторной головки измерительной линии или болометрической головки. Напряжение, необходимое для питания болометра (около 3 В), снимается с сопротивления R_2.

Переключение входа и включение питания болометра осуществляется переключателем $П_1$, который на передней панели (рис. 157) обозначен «кристалл—болометр».

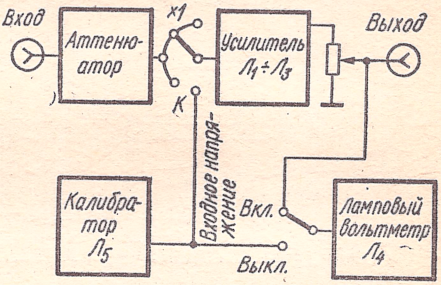


Рис. 155. Структурная схема прибора У2-1А.

Сигнал на вход трансформатора подается с гнезда «вход». Со вторичной обмотки трансформатора сигнал через два аттенюатора — декадный и ступенчатый (на передней панели обозначены «входное напряжение») — поступает на вход первого каскада усилителя, работающего на лампе $Л_1$. Декадным аттенюатором с переключателем $П_2$ можно ослабить сигнал, поступающий на первый каскад усилителя, в 10, 100, 1000 раз. Ступенчатым аттенюатором с переключателем $П_3$ можно ослабить тот же сигнал в 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 8; 10 раз.

После первого каскада сигнал усиливается еще двумя каскадами, собранными на лампах $Л_2$ и $Л_3$. Особенностью схемы усилителя является комбинированная схема обратной связи. Отрицательная обратная связь объединяет первый и третий каскады усилителя через катодное сопротивление R_{21}. Кроме того, имеется отрицательная обратная связь между третьим и вторым каскадами усиления, которая образуется емкостно-реостатным фильтром C_{10}, C_{13}, C_{18} и R_{36}—R_{39}, R_{35}, R_{40}, R_{41} при положении переключателя $П_4$ «400—1000 гц». Такая связь обеспечивает избирательное усиление при узкой полосе частот. При широкой полосе частот фильтр заменяется неизбирательным элементом обратой связи — сопротивлением R_{34}. Переход с узкой полосы усиливаемых частот на широкую производится переключателем $П_4$, ручка которого на передней панели обозначена «диапазон частот герц». Широкой полосе частот соответствует положение переключателя, обозначенное «200—10000».

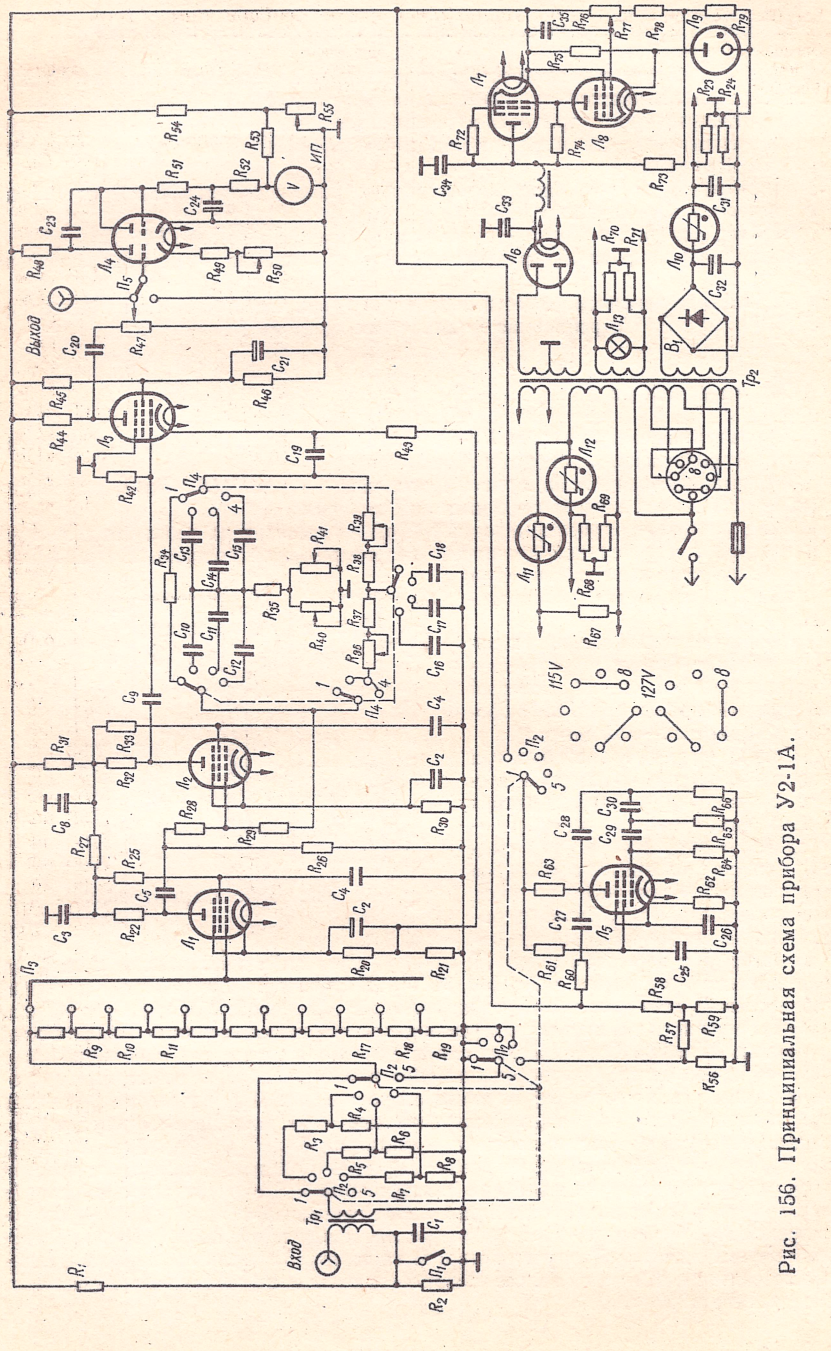

Вход
Тр1
П1
R1
R2
C1
П2
1
5
R3
R4
R5
R6
R7
R8
П3
R9
R10
R11
R17
R18
R19
Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Л7
Л8
Л9
Л10
Л11
Л12
Л13
R20
R21
R22
R25
R26
R27
R28
R29
R30
R31
R32
R33
R34
R35
R36
R37
R38
R39
R40
R41
R42
R43
R44
R45
R46
R47
R48
R49
R50
R51
R52
R53
R54
R55
C2
C3
C4
C5
C8
C9
C10
C11
C12
C13
C14
C15
C16
C17
C18
C19
C20
C21
C23
C24
П4
П5
4
Выход
V
ИП
R56
R57
R58
R59
R60
R61
R62
R63
R64
R65
R66
R67
R68
R69
R70
R71
R72
R73
R74
R75
R76
R77
R78
R79
R23
R24
C25
C26
C27
C28
C29
C30
C31
C32
C33
C34
C35
В1
Тр2
115V
127V
8

Рис. 156. Принципиальная схема прибора У2-1А.

75. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа У2-1А

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-2	56 кОм	R_{56}	Проволочный	20,1 Ом
R_2	ВС-0,25	560 Ом	R_{57}, R_{58}	»	1980 Ом
R_3	Проволочный	9 кОм	R_{59}	»	20,1 Ом
R_4	»	1111 Ом	R_{60}	ВС-0,25	120 кОм
R_5	»	9,9 кОм	R_{61}	ВС-0,25	470 кОм
R_6	»	101 Ом	R_{62}	ВС-0,25	2,2 кОм
R_7	»	9990 Ом	R_{63}	ВС-0,25	150 кОм
R_8	»	10,01 Ом	R_{64}—R_{66}	ВС-0,25	68 кОм
R_9	»	2 Ом	R_{67}	ПО-10	25 Ом
R_{10}	»	1333 Ом	R_{68}, R_{69}	ВС-0,25	560 Ом
R_{11}	»	1667 Ом	R_{70}, R_{71}	ВС-0,25	120 Ом
R_{12}	»	1 кОм	R_{72}	ВС-0,25	1 кОм
R_{13}	»	666,7 Ом	R_{73}, R_{74}	ВС-0,5	560 кОм
R_{14}	»	833,3 Ом	R_{75}	ВС-1	27 кОм
R_{15}	»	500 Ом	R_{76}	ВС-0,5	120 кОм
R_{16}	»	333,3 Ом	R_{77}	СП-II-2А	47 кОм
R_{17}	»	416,7 Ом	R_{78}	ВС-0,25	68 кОм
R_{18}	»	250 Ом	R_{79}	ВС-0,25	4,7 кОм
R_{19}	»	1 кОм	C_1, C_2	КЭ-1-М	50 мкФ
R_{20}	ВС-0,25	4,7 кОм	C_3	КЭ-2-М	10 мкФ
R_{21}	Проволочный	0,25 Ом	C_4	КБГ-МП-2Н	0,1 мкФ
R_{22}	ВС-0,25	390 кОм	C_5	КБГ-И	0,025 мкФ
R_{23}	Проволочный	25 Ом	C_6	КЭ-1-М	50 мкФ
R_{24}	»	25 Ом	C_7	КЭ-2-М	10 мкФ
R_{25}	ВС-0,25	1,8 МОм	C_8	КБГ-МП-2Н	0,1 кмФ
R_{26}	ВС-0,25	100 кОм	C_9	КСО-5	1000 пФ
R_{27}	ВС-0,25	10 кОм	C_{10}	КСО-5	5900 пФ
R_{28}, R_{29}	ВС-0,25	180 кОм	C_{11}	КСО-5	2550 пФ
R_{30}	ВС-0,25	1,2 кОм	C_{12}	КСО-5	1100 пФ
R_{31}	ВС-0,25	10 кОм	C_{13}	КСО-5	5900 пФ
R_{32}	ВС-0,5	100 кОм	C_{14}	КСО-5	2550 пФ
R_{33}	ВС-0,25	390 кОм	C_{15}	КСО-5	1100 пФ
R_{34}	ВС-0,25	1 МОм	C_{16}	КСО-5	2200 пФ
R_{35}	ВС-0,25	13,5 кОм	C_{17}	КСО-5	5100 пФ
R_{36}	СП-I-2А	47 кОм	C_{18}	КСО-5	11 800 пФ
R_{37}, R_{38}	ВС-0,25	27 кОм	C_{19}, C_{20}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{39}—R_{41}	СП-I-2А	47 кОм	C_{21}	КЭ-2-М	10 мкФ
R_{42}	ВС-0,25	560 кОм	C_{23}	КБГ-МП-2Н	0,25 мкФ
R_{43}	ВС-0,25	180 Ом	C_{24}	КЭ-1-М	50 мкФ
R_{44}	ВС-2	22 кОм	C_{25}, C_{26}	КБГ-МП-3Н	0,2 мкФ
R_{45}	ВС-0,5	47 кОм	C_{27}	КСО-5	10000 пФ
R_{46}	ВС-0,25	100 кОм	C_{28}—C_{30}	КСО-5	1000 пФ
R_{47}	СП-I-2А	100 кОм	C_{31}	КЭ-2-М	1000 мкФ
R_{48}	ВС-1	33 кОм	C_{32}	КЭ-2-М	500 мкФ
R_{49}	ВС-0,25	560 Ом	C_{33}, C_{34}	КЭ-2-М	20 мкФ
R_{50}	СП-II-2А	1 кОм	C_{35}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{51}	ВС-0,25	56 кОм	$Л_1$, $Л_2$	6Ж8	—
R_{52}	ВС-0,25	1 кОм	$Л_3$	6Ж4	—
R_{53}	ВС-0,25	220 кОм	$Л_4$	6Н8С	—
R_{54}	ВС-0,25	2,2 МОм	$Л_5$	6Ж8	—
R_{55}	СП-I-2А	47 кОм	$Л_6$	6Ц5С	—

Продолжение табл. 75

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
$Л_7$	6П3С	—	$Л_{11}$	0,85Б 5,5-12	—
$Л_8$	6Ж3	—	$Л_{12}$	1,425Б 5,5-12	—
$Л_9$	СГ3С	—	$Л_{13}$	МН-16	13,5 В; 0,18 А
$Л_{10}$	0,425Б 5,5-12	—	*ИП*	Микроамперметр	—

Емкостно-реостатный фильтр представляет собой двойной Т-образный, настраиваемый на одну частоту, мост. Такая схема не пропускает сигнал частотой, равной частоте баланса моста. Эта частота определяется параметрами элементов моста и может изменяться скачками переключателем $П_4$ и плавно — изменением величины сопротивлений R_{38}, R_{39}, R_{40} и R_{41} ручкой, обозначенной «плавная регулировка частоты».

При балансе моста установленной частоте соответствует максимальное усиление, так как отрицательная обратная связь в этом случае отсутствует. На других частотах обратная связь резко снижает усиление по мере частотной расстройки.

Сигнал с нагрузки третьего каскада усилителя подается на гнездо «выход» через потенциометр регулировки общего усиления R_{47}. Ручка потенциометра выведена на переднюю панель и обозначена «усиление». После усиления сигнал подается на ламповый вольтметр.

Ламповый вольтметр собран на лампе $Л_4$ по схеме диодного детектора с закрытым входом. На левом триоде лампы работает буферный каскад. Начальный ток диода компенсируется напряжением от выпрямителя через делитель R_{54}, R_{55}. Величина компенсирующего тока изменяется переменным сопротивлением R_{55}, ручка которого на передней панели обозначена «установка нуля».

Калибратор, собранный на лампе $Л_5$, работает по схеме *RC*-генератора и создает напряжение частотой 1000 Гц. Сигнал калибровки с анодной нагрузки R_{63} через разделительный конденсатор C_{27} подается на делитель напряжения, состоящий из сопротивлений R_{60}—R_{56}. Напряжение, снимаемое с сопротивлений R_{58}, R_{59}, подается на ламповый вольтметр (при положении переключателя $П_5$ «вкл.»).

Напряжение, снимаемое с сопротивления делителя R_{56}, ослабленное в 10000 раз, подается на вход усилителя при установке переключателя $П_2$ (входное напряжение) в положение «К» (калибровка).

Для питания анодных цепей усилителя служит выпрямитель, работающий на лампе $Л_6$, включенной по схеме двухполупериодного выпрямителя. Для стабилизации выпрямленного напряжения применяется электронный стабилизатор, работающий на лампах $Л_7$, $Л_8$, $Л_9$.

Для питания цепи накала лампы первого каскада усилителя применяется селеновый выпрямитель $В_1$ со стабилизатором $Л_{10}$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа У2-1А приведена в табл. 75.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 157). Колодка питания, предохранитель и переключатель силового трансформатора расположены на задней панели.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения переключателя силового трансформатора напряжению сети.

2. Ручку декадного аттенюатора «входное напряжение» установить в положение «× 1000».

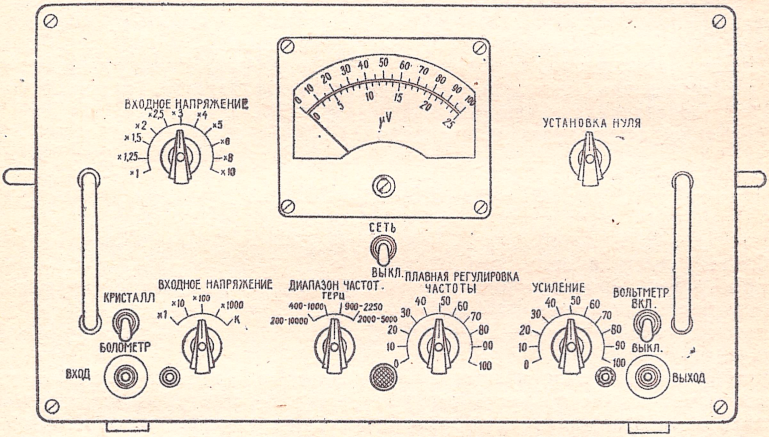
3. Ручку ступенчатого аттенюатора «входное напряжение» установить в положение «× 1».

4. Ручку переключателя «диапазон частот» установить в положение «200—10 000».

5. Ручку «усиление» повернуть влево до упора.

6. Переключатели сети и лампового вольтметра установить в положение «выкл.».

7. Подключить кабель питания к прибору и к сети.



ВХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
×1
×1,25
×1,5
×2
×2,5
×3
×4
×5
×6
×8
×10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
0
5
10
15
20
25
μV
УСТАНОВКА НУЛЯ
СЕТЬ
ВЫКЛ.
КРИСТАЛЛ
БОЛОМЕТР
ВХОД
ВХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
×1
×10
×100
×1000
К
ДИАПАЗОН ЧАСТОТ. ГЕРЦ
200-10000
400-1000
900-2250
2000-5000
ПЛАВНАЯ РЕГУЛИРОВКА ЧАСТОТЫ
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
УСИЛЕНИЕ
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
ВОЛЬТМЕТР ВКЛ.
ВЫКЛ.
ВЫХОД

Рис. 157. Вид передней панели прибора У2-1А.

8. Включить переключателем сети питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 5 мин.

9. Ручкой «установка нуля» установить стрелку прибора на нуль.

Для калибровки коэффициента усиления усилителя необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Ручку «входное напряжение» перевести в положение «К».

3. Заметить показания прибора и перевести переключатель «вольтметр» в положение «вкл.».

4. Плавно вращая ручку «усиление», добиться тех же показаний прибора, В процессе дальнейших измерений напряжения ручку «усиление» вращать нельзя.

Работа с прибором

Для измерения напряжения необходимо:

1. Подготовить прибор к работе и произвести калибровку коэффициента усиления усилителя.

2. Подать на «вход» усилителя коаксиальным кабелем измеряемое напряжение.

3. Установить переключатель «кристалл—болометр» в соответствующее положение в зависимости от того, какой зонд включен в коаксиальный кабель. При измерении не с зондов измерительных линий переключатель «кристалл—болометр» должен быть установлен в положение «кристалл».

4. Ручками «входное напряжение» подобрать положения, при которых показания прибора удобны для отсчета.

5. Величина измеренного напряжения определяется произведением показаний прибора по шкале «μV» (нижняя) на множители, определяемые по указателям ручек «входное напряжение».

Таким образом, измеренное напряжение

$$U_x = abU,$$

где a — множитель, определяемый декадным указателем ручки «входное напряжение»; b — множитель, определяемый ступенчатым указателем ручки «входное напряжение»; U — показатель прибора (нижняя шкала).

Пример. Множитель, определяемый декадным указателем ручки, $a = 10$ («× 10»); множитель, определяемый ступенчатым указателем ручки, $b = 2{,}5$ («× 2,5»); показание прибора 12 мкВ.

Величина измеряемого напряжения

$$U_x = 10 \cdot 2{,}5 \cdot 12 = 300 \text{ мкВ}.$$

Следует иметь в виду, что:

прибор градуирован в микровольтах эффективного значения синусоидального напряжения (частота 1000 Гц);

при форме напряжения, отличной от синусоидальной, показания прибора могут отличаться;

при измерении напряжений, частота которых находится вблизи краев диапазона частот, для получения минимальной погрешности необходимо внести поправку на частотную характеристику, имеющуюся в инструкции к прибору.

Для измерения КСВ в режиме широкой полосы необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель входа «кристалл—болометр» установить в соответствующее положение в зависимости от типа включенного зонда.

3. Ручками «усиление» и «входное напряжение» установить показание прибора равным 100 при нахождении зонда в пучности напряжения в измерительной линии.

4. Не трогая ручку «усиление», передвигать зонд по линии, пока не будет найден минимум показаний прибора. Если при этом показания прибора будут соответствовать значениям первой половины шкалы, ручками «входное напряжение» добиться отсчета во второй половине шкалы прибора.

5. Имея характеристику детектора измерительной головки линии и зная минимальное показание, определить КСВ.

Величина КСВ в режиме узкой полосы измеряется аналогично измерению при широкой полосе с той лишь разницей, что перед выполнением п. 4 ручками «плавная регулировка частоты» и «диапазон частот» устанавливается частота, соответствующая настройке в резонанс с частотой сигнала. Резонанс определяется по максимальным показаниям прибора.

Использование прибора для усиления слабых сигналов

Слабые сигналы частотой 200—10 000 Гц могут быть усилены и поданы с выхода усилителя через коаксиальный кабель на необходимый объект. В этом случае усилитель используется как обычный усилитель низкой частоты. Регулируется усиление ручками «усиление» и «выходное напряжение».

УСИЛИТЕЛИ ШИРОКОПОЛОСНЫЕ

Основные характеристики широкополосных усилителей переменного напряжения приведены в табл. 76.

76. Усилители переменного напряжения широкополосные

Тип прибора	Полоса пропускания	Вход, Ом	Коэффициент усиления
УЗ-1	300 Гц — более 10 МГц	$2 \cdot 10^6$	0,1—0,1
УЗ-3	5 кГц — 150 МГц	50, 75, 150, 200	10—20
УЗ-4	1 кГц — 200 МГц	50, 75, 150, 200	10
УЗ-5	5 кГц — 150 МГц	75, 150	900 (импульсный сигнал)
УЗ-11	200 кГц — 250 МГц	75	550

Примечание. Неравномерность частотной характеристики усилителей 3 дБ.

Усилитель широкополосный УЗ-1

Предназначен для передачи исследуемого сигнала ко входу осциллографа С1-2 или другого индикатора при значительных расстояниях между исследуемым объектом и индикатором.

Основные технические характеристики

1. Частотная характеристика прибора позволяет без искажений передавать импульсы с длительностью от 0,2 до 3000 мкс.

2. Искажения по амплитуде, вносимые прибором в исследуемый импульс длительностью до 250 мкс, менее 5%, а свыше 250 мкс — более 5%; искажение по удлинению фронтов длительностью импульсов от 0,2 до 10 мкс — менее 0,05 мкс.

3. Входное сопротивление прибора не менее 2 МОм, выходное 75 Ом.

4. Прибор обеспечивает нормальную работу при входных напряжениях от 1 до 200 В.

5. Питание прибора от осциллографа типа С1-2 (через фишку на задней стенке осциллографа).

Схема прибора

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 158. Усилитель работает на лампе $Л_1$ в триодном включении.

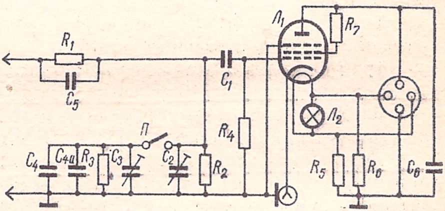


Рис. 158. Принципиальная схема прибора УЗ-1.

Нагрузкой усилителя является сопротивление входа осциллографа С1-2 при положении переключателя входа осциллографа «75 ом». При работе с другими индикаторами сопротивление входа последних должно быть равно также 75 Ом.

На входе прибора УЗ-1 включен реостатно-емкостный делитель R_1, C_5 и R_2, C_2 при ослаблении сигнала в 10 раз или R_1, C_5 и R_2, R_3, C_2, C_3, C_{4a}, C_4 при ослаблении в 100 раз.

Требуемый коэффициент деления устанавливается переключателем *П*, выведенным на переднюю панель.

Работа с прибором

В комплект прибора входят катодный повторитель, силовой и соединительный коаксиальный кабели длиной 1 м каждый, силовой и соединительный коаксиальный кабели длиной 8 м каждый.

Для подготовки прибора к работе необходимо при выключенном осциллографе С1-2 выполнить следующие операции:

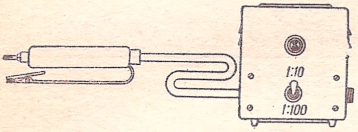


Рис. 159. Вид передней панели прибора У3-1.

1. Соединить вход прибора У3-1 (на правой стенке) с входом осциллографа С1-2 (или другого индикатора) соответствующим кабелем.

2. Переключатель коэффициента ослабления установить в положение «1 : 10» (рис. 159) при напряжении сигнала 1—10 В, или в положение «1: 100» при напряжении сигнала 10—100 В.

3. Прибор У3-1 соединить с источником питания (четырехштырьковые фишки на задних стенках прибора У3-1 и осциллографа С1-2).

4. При включении осциллографа С1-2 на приборе У3-1 должна загореться сигнальная лампочка.

5. На вход катодного повторителя подать (кабель с левой боковой стенки) исследуемый сигнал.

6. В остальном работа с приставкой ничем не отличается от работы с осциллографом С1-2.

ГЛАВА X

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (подгруппа И)

Основные характеристики приборов, применяемых для импульсных измерений, приведены в табл. 77.

77. Основные характеристики измерителей временных интервалов

Тип прибора	Пределы измерений, мкс	Погрешность измерений	Входной сигнал, В
И2-1А	0,25—20 км	10^{-3}	10—35
И2-2А	0,2 —300	0,1 мкс	3,5
И2-3	0,250	—	—
И2-4	0,05—1000	—	—
И2-5	0,01—2000	$3 \cdot 10^{-4}$	0,1—500
И2-6	1—25 км	$2 \cdot 10^{-3}$	2,5—25
И2-7	$(0{,}5—3000) \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$	5—50
И2-8	$10^{3}—10^{6}$	10^{-4}	2—150
И2-9А	$10^{-2}—100$	10^{-4}	25—150
И2-11	$10^{-2}—60$	10^{-4}	0,1—150

ИЗМЕРИТЕЛИ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ

Измеритель временных интервалов И2-1

Предназначен для отладки и проверки радиолокационной аппаратуры. Кроме того, прибор можно использовать для точного определения длительности электрических процессов.

Наиболее часто прибор используется для определения длительности и линейности разверток осциллографических устройств, а также как генератор импульсов фиксированных частот.

Основные технические характеристики

1. Генератор вырабатывает калибрационные и синхронизирующие импульсы.
2. Калибрационные импульсы треугольной формы обеих полярностей имеют длительность 0,2 мкс. Время нарастания импульса 0—1 мкс.
3. Интервал между калибрационными импульсами соответствует дальностям 250 м, 500 м, 1 км, 10 км, 20 км с погрешностью ±0,1%.
4. Напряжение калибрационных импульсов может плавно изменяться в пределах от 0 до 10 В при нагрузке 75 Ом и от 0 до 35 В при нагрузке 1000 Ом.
5. Синхронизирующие импульсы обеих полярностей имеют длительность 0,8 мкс. Время нарастания 0,2 мкс.
6. Частота повторения синхронизирующих импульсов: 400, 625, 1250, 2000, 5000 Гц для дальностей от 0,25 до 1 км и 200, 300, 500, 800 и 1500 Гц для дальностей 10 и 20 км.
7. Напряжение синхронизирующих импульсов плавно регулируется от 0 до 18 В при нагрузке 75 Ом и от 0 до 32 В при нагрузке 500 Ом.
8. В приборе предусмотрена возможность сдвига калибрационного и синхронизирующего импульсов в пределах полного периода следования.
9. Питание генератора от сети переменного тока частотой 50 и 400 Гц напряжением 110, 127 и 220 В. Потребляемая мощность не более 200 Вт.
10. Вес прибора около 18 кг, габаритные размеры 437×280×325 мм.

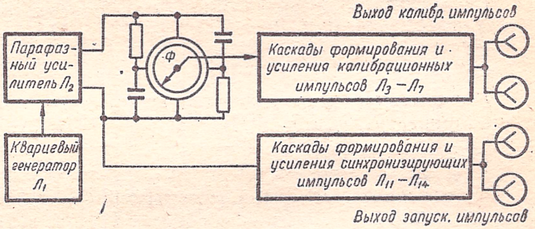

Выход калибр. импульсов
Парафазный усилитель $Л_2$
Ф
Каскады формирования и усиления калибрационных импульсов $Л_3 - Л_7$
Кварцевый генератор $Л_1$
Каскады формирования и усиления синхронизирующих импульсов $Л_{11} - Л_{14}$
Выход запуск. импульсов

Рис. 160. Структурная схема прибора И2-1.

Схема прибора

Структурная схема прибора И2-1 (рис. 160) состоит из кварцевого генератора, парафазного усилителя с фазовращателем, каскадов формирования и усиления калибрационных импульсов, каскадов формирования и усиления синхронизирующих импульсов на лампах $Л_{11}$—$Л_{14}$ и выпрямителя.

Принципиальная схема прибора И2-1 приведена на рис. 161.

Кварцевый генератор работает на лампе $Л_1$ по схеме с электронной связью. Низкочастотные кварцы $Кв_4$ и $Кв_5$ имеют дополнительные обкладки, на которые подается напряжение подвозбуждения из анодной цепи генератора. Частота колебаний генератора изменяется переключателем кварцев с помощью переключателя $П_1$, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «дальность» (рис. 162).

Напряжение с контура в анодной цепи генератора подается через емкостный делитель $С_8$, $С_7$ (при установке переключателя $П_1$ в положение 0,25) на сетку лампы парафазного усилителя.

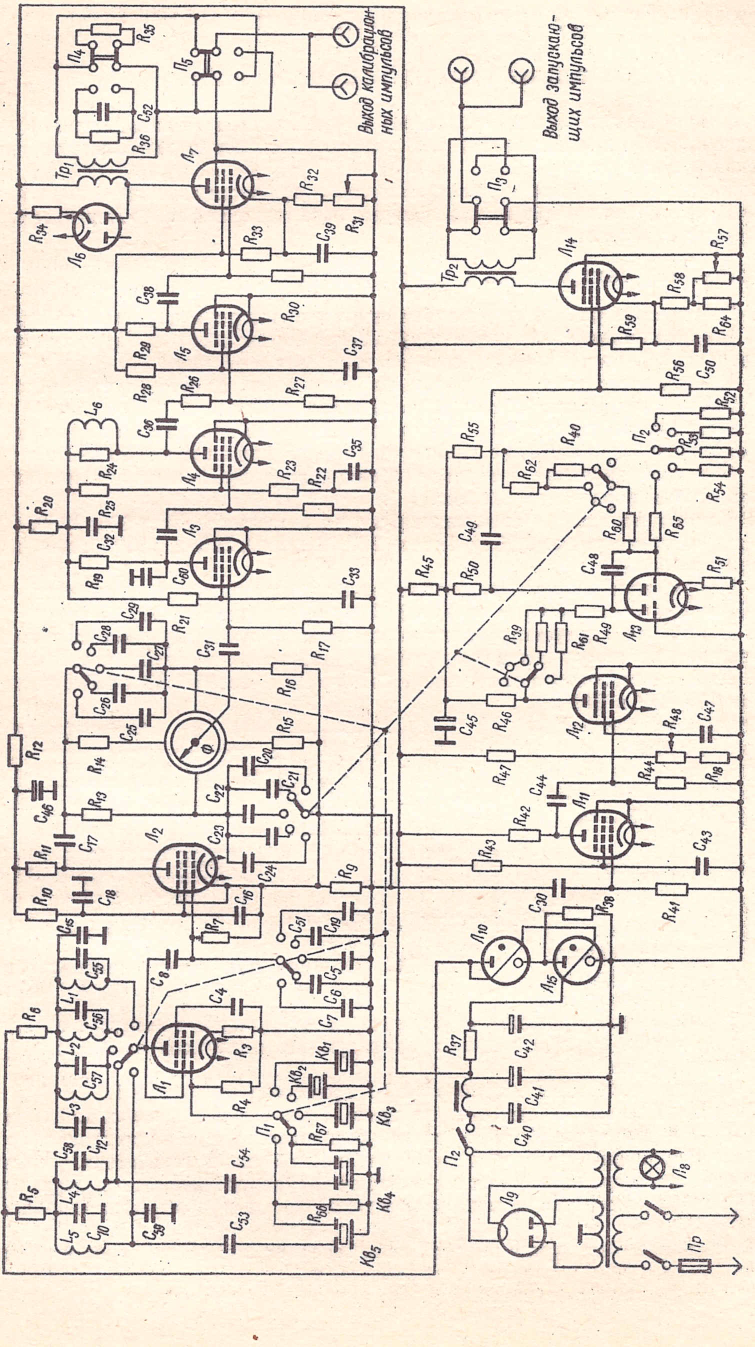

Выход калибрационных импульсов
Выход запускающих импульсов
Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Л7
Л8
Л9
Л10
Л11
Л12
Л13
Л14
Л15
Тр1
Тр2
П1
П2
П3
П4
П5
Пр
Ф
Кв1
Кв2
Кв3
Кв4
Кв5
L1
L2
L3
L4
L5
L6
R3
R4
R5
R6
R7
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
R16
R17
R18
R19
R20
R21
R22
R23
R24
R25
R26
R27
R28
R29
R30
R31
R32
R33
R34
R35
R36
R37
R38
R39
R40
R41
R42
R43
R44
R45
R46
R47
R48
R49
R50
R51
R52
R53
R54
R55
R56
R57
R58
R59
R60
R61
R62
R64
R65
R66
R67
C4
C5
C6
C7
C8
C10
C12
C15
C16
C17
C18
C19
C20
C21
C22
C23
C24
C25
C26
C27
C28
C29
C30
C31
C32
C33
C35
C36
C37
C38
C39
C40
C41
C42
C43
C44
C45
C46
C47
C48
C49
C50
C51
C52
C53
C54
C55
C56
C57
C58
C59
C60

Рис. 161. Принципиальная схема прибора И2-1.

Парафазный усилитель работает на лампе *Л*$_2$ по схеме с анодной (R_{11}) и катодной (R_9) нагрузками. Напряжения с нагрузок усилителя, сдвинутые по фазе на 180°, подаются на фазовращатель *Ф*.

Фазовращатель образован конденсаторами C_{20} и C_{25} (при первом положении переключателя *П*$_1$), сопротивлениями R_{13}, R_{14}, R_{15}, R_{16} и кольцевым потенциометром *Ф*. Напряжение, снимаемое с фазовращателя, в зависимости от положения ползунка может иметь сдвиг по фазе относительно напряжения на катодной нагрузке от нуля до 360°. Ручка потенциометра *Ф* выведена на переднюю панель и обозначена «фаза».

После фазовращателя напряжение поступает в схему формирования и усиления калибрационных импульсов.

Схема формирования калибрационных импульсов представляет собой три каскада усилителя-ограничителя на лампах *Л*$_3$, *Л*$_4$, *Л*$_5$, причем в результате дифференцирования в анодной цепи лампы *Л*$_4$ образуются положительный и отрицательный импульсы треугольной формы. Положительный импульс ограничивается сеточными токами лампы *Л*$_5$. В результате с нагрузки усилителя, собранного на лампе *Л*$_5$, снимается импульс, соответствующий отрицательному импульсу, снимаемому после дифференцирования. Эти импульсы подаются на выходной усилитель канала калибрационных меток.

Выходной усилитель работает на лампе *Л*$_7$ по схеме с трансформаторным выходом. С вторичной обмотки трансформатора *Тр*$_1$ через переключатель полярности *П*$_5$ импульсы подаются на выходные гнезда.

Величина амплитуды выходных импульсов регулируется при помощи переменного сопротивления R_{31} (изменением смещения на управляющей сетке лампы *Л*$_7$). Ручка этого сопротивления выведена на переднюю панель и обозначена «амплитуда калибр. импульсов».

Для устранения паразитных импульсов параллельно первичной обмотке трансформатора *Тр*$_1$ включен диод *Л*$_6$.

Для согласования выходного сопротивления переключателем *П*$_4$ параллельно нагрузке включается сопротивление R_{35} (при высокоомной нагрузке) или R_{36}, C_{52} (при низкоомной нагрузке). Переключатель *П*$_4$ на передней панели обозначен «75Ω—1000Ω».

Напряжение с катодной нагрузки парафазного усилителя подается также в схему формирования и усиления синхронизирующего импульса, которая представляет собой два каскада усилителя-ограничителя, собранные на лампах *Л*$_{11}$, *Л*$_{12}$, и мультивибратор, собранный на лампе *Л*$_{13}$.

В результате работы усилителей-ограничителей из синусоидального напряжения в анодной цепи лампы *Л*$_{12}$ получаются импульсы прямоугольной формы. Амплитуда импульсов регулируется изменением напряжения на экранной сетке лампы *Л*$_{12}$, снимаемого с потенциометра R_{18}. Ручка потенциометра выведена на переднюю панель и обозначена «синхронизация».

Импульсы, поступающие из анодной цепи лампы *Л*$_{12}$, синхронизируют работу мультивибратора. Частота колебаний мультивибратора определяет частоту следования синхронизирующих импульсов и может изменяться при помощи переключателя *П*$_2$. Ручка переключателя выведена на переднюю панель и обозначена «частота повторений». С нагрузки триода мультивибратора через дифференцирующую цепочку C_{43}, R_{56} импульсы поступают на выходной усилитель синхронизирующих импульсов.

Выходной усилитель, собранный на лампе *Л*$_{14}$, работает с большим смещением на управляющей сетке. В результате этого схема реагирует только на положительный импульс, полученный после дифференцирования.

Нагрузкой усилителя является трансформатор *Тр*$_2$, с вторичной обмотки которого через переключатель полярности *П*$_3$ импульсы подаются на выходные гнезда «выход запуск. импульсов». Амплитуда выходных синхронизирующих импульсов регулируется переменным сопротивлением R_{57}, ручка которого на передней панели обозначена «амплитуда запуск. импульсов».

78. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа И2-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_3	ВС-0,5	2 кОм	R_{57}	СП-I-2А	47 кОм
R_4	ВС-0,25	22 МОм	R_{58}	ВС-1	10 кОм
R_5	ВС-0,5	270 кОм	R_{59}	ВС-0,5	180 кОм
R_6	ВС-0,5	100 кОм	R_{60}	ВС-0,5	1,5 МОм
R_7	ВС-0,5	390 кОм	R_{61}	ВС-0,5	100 кОм
R_9	ВС-0,5	1,5 кОм	R_{62}	ВС-0,5	220 кОм
R_{10}	ВС-0,5	56 кОм	R_{64}	ВС-0,5	15 кОм
R_{11}, R_{12}	ВС-1	2,2 кОм	R_{65}	ВС-0,5	10 МОм
R_{13}	ВС-0,5	3,6 кОм	R_{66}	ВС-0,25	220 кОм
R_{14}, R_{15}	ВС-0,5	3 кОм	R_{67}	ВС-0,25	560 кОм
R_{16}	ВС-0,5	3,6 кОм	C_4	БМ-П7Н	2 мкФ
R_{17}	ВС-0,5	390 кОм	C_5	КТК-2-М	56 пФ
R_{18}	ВС-1	5,6 кОм	C_6	КСО-2	220 пФ
R_{19}	ВС-1	100 кОм	C_7	КСО-2	820 пФ
R_{20}	ВС-2	1 кОм	C_8	КТК-2-М	51 пФ
R_{21}	ВС-1	56 кОм	C_{10}, C_{12}	БМ-П7Н	2 мкФ
R_{22}	ВС-0,25	2,2 МОм	C_{15}	БМ-П7Н	2 мкФ
R_{23}	ВС-0,5	15 кОм	C_{16}, C_{17}	КБГМ	0,1 мкФ
R_{24}	ВС-0,25	10 кОм	C_{18}, C_{19}	КТК-2-М	47 пФ
R_{25}	ВС-1	56 кОм	C_{20}	КСО-2	120 пФ
R_{26}	ВС-0,25	5,6 кОм	C_{21}	КСО-2	180 пФ
R_{27}	ВС-0,5	1 кОм	C_{22}	КСО-2	270 пФ
R_{28}	ВС-0,5	56 кОм	C_{23}	КСО-5	2700 пФ
R_{29}	ВС-1	2,2 кОм	C_{24}	КСО-5	5600 пФ
R_{30}	ВС-0,5	56 кОм	C_{25}	КСО-2	120 пФ
R_{31}	СП-I-2А	22 кОм	C_{26}	КСО-2	180 пФ
R_{32}	ВС-1	2,7 кОм	C_{27}	КСО-2	270 пФ
R_{33}	ВС-1	100 кОм	C_{28}	КСО-5	2700 пФ
R_{34}	ВС-1	56 Ом	C_{29}	КСО-2	5600 пФ
R_{35}	ВС-0,5	560 Ом	C_{30}	КСО-2	8200 пФ
R_{36}	ВС-0,25	82 Ом	C_{31}	КСО-2	1000 пФ
R_{37}	ВС-0,5	3 кОм	C_{32}	БМ-П7Н	2 мкФ
R_{38}	ПО-10	560 кОм	C_{33}	КБГМ	0,1 мкФ
R_{39}	ВС-1	56 кОм	C_{35}	КБГМ	0,1 мкФ
R_{40}	ВС-0,5	220 кОм	C_{36}	КСО-2	100 пФ
R_{41}	ВС-0,5	390 кОм	C_{37}	КБГМ	0,1 мкФ
R_{42}	ВС-0,5	5,6 кОм	C_{38}	КСО-2	1000 пФ
R_{43}	ВС-2	56 кОм	C_{39}	КСО-5	1800 пФ
R_{44}	ВС-0,5	270 кОм	C_{40}—C_{42}	КЭ-2-М	20 мкФ
R_{45}	ВС-0,5	2,2 кОм	C_{43}	БМ-7С2	0,1 пФ
R_{46}	ВС-2	820 Ом	C_{44}	КСО-2	1000 пФ
R_{47}	ВС-1	36 кОм	C_{45}, C_{46}	КЭ-2-М	20 мкФ
R_{48}	ВС-2	4,7 кОм	C_{47}	КБГМ	0,1 мкФ
R_{49}	СП-I-2А	15 кОм	C_{48}	КСО-2	1000 пФ
R_{50}	ВС-1	10 кОм	C_{49}	КТК-2-М	82 пФ
R_{51}	ВС-1	820 Ом	C_{50}	КБГМ	0,1 мкФ
R_{52}	ВС-0,5	3,9 кОм	C_{51}	КСО-2	180 пФ
R_{53}	ВС-0,5	20 кОм	C_{52}	КСО-2	470 пФ
R_{54}	ВС-0,5	62 кОм	C_{53}, C_{54}	КБГИ	0,05 мкФ
R_{55}	ВС-1	100 кОм	C_{55}	КСО-2	180 пФ
R_{56}	ВС-0,25	5,6 кОм	C_{56}	КСО-2	220 пФ

Продолжение табл. 78

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_{57}	КСО-2	820 пФ	$Л_{8}$	МН-16	13,5В; 0,18А
C_{58}	КСО-5	1000 пФ	$Л_{9}$	5Ц3С	—
C_{59}	КСО-2	3300 пФ	$Л_{10}$	СГ4С	—
C_{60}	КТК-1-М	10—40 пФ	$Л_{11}$, $Л_{12}$	6Ж4	—
$Л_{1}$—$Л_{5}$	6Ж4	—	$Л_{13}$	6Н7С	—
$Л_{6}$	6Х6С	—	$Л_{14}$	6П9	—
$Л_{7}$	6П9	—	$Л_{15}$	СГ4С	—

Выпрямитель работает на лампе $Л_9$ по схеме двухполупериодного выпрямителя. Напряжение питания кварцевого генератора стабилизируется при помощи стабилизаторов $Л_{10}$ и $Л_{15}$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора И2-1 приведена в табл. 78.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 162), переключатель силового трансформатора — на заднюю.

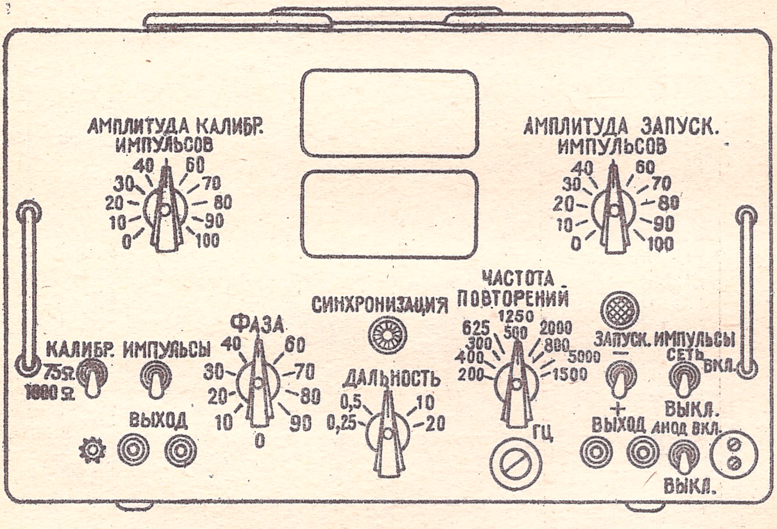

АМПЛИТУДА КАЛИБР. ИМПУЛЬСОВ
0
10
20
30
40
60
70
80
90
100
АМПЛИТУДА ЗАПУСК. ИМПУЛЬСОВ
0
10
20
30
40
60
70
80
90
100
СИНХРОНИЗАЦИЯ
ЧАСТОТА ПОВТОРЕНИЙ
200
400
300
625
1250
2000
800
5000
1500
ГЦ
ФАЗА
0
10
20
30
40
60
70
80
90
ДАЛЬНОСТЬ
0,25
0,5
10
20
КАЛИБР. ИМПУЛЬСЫ
75Ω
1000Ω
ВЫХОД
ЗАПУСК. ИМПУЛЬСЫ
—
+
ВЫХОД
СЕТЬ ВКЛ.
ВЫКЛ.
АНОД ВКЛ.
ВЫКЛ.

Рис. 162. Вид передней панели прибора И2-1.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения переключателя сети имеющемуся напряжению. Номинальное напряжение, на которое включен прибор, отмечается в окне, расположенном на задней стенке кожуха.
2. Установить переключатель «сеть» и «анод» в положение «выкл.».
3. Подключить кабель питания к прибору и сети.

4. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка).

5. Через 1—2 мин после включения прибора перевести переключатель «анод» в положение «вкл.». Дать прибору прогреться в течение 15—20 мин.

Получение калибрационных импульсов

Для использования калибрационных импульсов генератора необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Соединить кабелем, входящим в комплект генератора, гнездо «калибр. импульсы — выход» с входом исследуемого объекта.

3. Ручкой «дальность» установить необходимую частоту повторения калибрационных импульсов.

4. Переключателем «калибр. импульсы» установить необходимую полярность калибрационных импульсов.

5. Переключатель выходного сопротивления генератора калибрационных импульсов поставить в положение, соответствующее входному сопротивлению исследуемого объекта.

6. Регулировку амплитуды калибрационных импульсов производить ручкой «амплитуда калибр. импульсов».

Работа с запускающими (синхронизирующими) импульсами

При необходимости работы с синхронизирующими импульсами необходимо:

1. Одно из гнезд «запуск. импульсы — выход» соединить с исследуемым объектом или осциллографом.

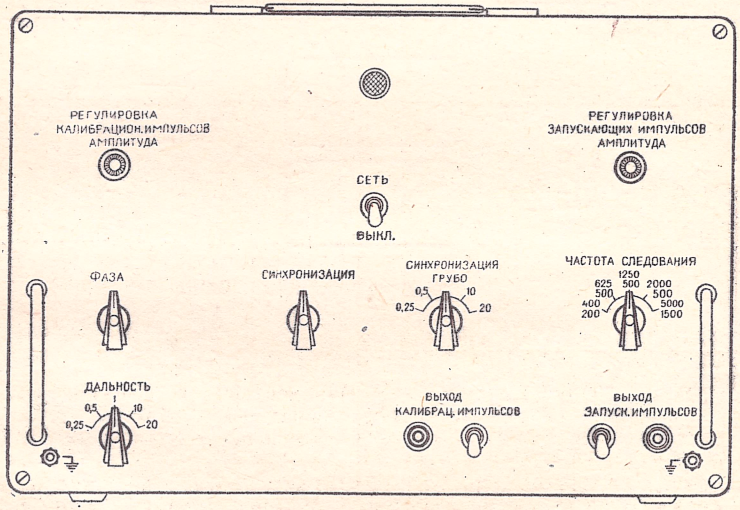

РЕГУЛИРОВКА
КАЛИБРАЦИОН. ИМПУЛЬСОВ
АМПЛИТУДА
РЕГУЛИРОВКА
ЗАПУСКАЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ
АМПЛИТУДА
СЕТЬ
ВЫКЛ.
ФАЗА
СИНХРОНИЗАЦИЯ
СИНХРОНИЗАЦИЯ
ГРУБО
0,25
0,5
10
20
ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ
1250
625
500
2000
500
500
400
5000
200
1500
ДАЛЬНОСТЬ
1
0,5
10
0,25
20
ВЫХОД
КАЛИБРАЦ. ИМПУЛЬСОВ
ВЫХОД
ЗАПУСК. ИМПУЛЬСОВ

Рис. 163. Вид передней панели прибора И2-1А.

2. Подготовить прибор к работе и получить калибрационные импульсы.

3. Переключателем установить необходимую полярность запускающих (синхронизирующих) импульсов.

4. Ручкой «частота повторений» установить желаемую частоту повторения запускающих импульсов. Частота повторения определяется значением верхних цифр на шкале переключателя «частота повторений» при установке переключа-

теля «дальность» в положение «0,25»; «0,5» и «1» км. При установке переключателя «дальность» в положение «10» и «20» км частота повторения запускающих импульсов определяется значениями нижних цифр на шкале переключателя «частота повторений».

5. Регулировку амплитуды запускающих импульсов производить ручкой «амплитуда запуск. импульсов».

Для нормальной работы прибора калибрационные и запускающие импульсы должны быть синхронны. Установка синхронизации производится при помощи ручки «синхронизация».

Измеритель временных интервалов И2-1А

Прибор типа И2-1А имеет незначительные схемные отличия от прибора И2-1 и аналогичные характеристики.

Вид передней панели прибора приведен на рис. 163.

Работа с прибором И2-1А производится аналогично работе с прибором И2-1.

При работе с синхронизирующими (запускающими) импульсами синхронность калибрационных и запускающих импульсов в приборе И2-1А достигается регулировкой двумя ручками «синхронизация грубо» и «синхронизация».

ГЛАВА XI

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ И РАДИОПОМЕХ (подгруппа П)

Основные характеристики приборов для измерения напряженности поля и радиопомех приведены в табл. 79 и 80.

Измеритель плотности потока мощности ПО-1

Предназначен для проверки интенсивности излучения от радиотехнических устройств, работающих в режиме непрерывной генерации, амплитудно- и импульсно-модулированных колебаний в лабораторных, цеховых и полевых условиях.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерений плотности потока мощности и диапазона рабочих частот в зависимости от комплекта прибора приведены в табл. 81.

2. Средняя квадратичная погрешность измерения плотности потока мощности не более ±30%.

3. Прибором измеряется среднее значение величины плотности потока мощности (в режимах непрерывной генерации и синусоидальной модуляции). В случае импульсно-модулированных колебаний при частоте повторения импульсов 50 Гц и выше и мощности в импульсе на входе температурной головки до 50 Вт дополнительная погрешность порядка 5%.

4. В полный комплект прибора (комплект Г) входят 11 измерительных антенн (П6-12—П6-22), пять коаксиальных высокочастотных аттенюаторов (Д2-8—Д2-12), нагрузочное сопротивление Э9-9 и шесть терморезисторных головок (М5-17—М5-22) с мостом для измерения мощности М4-2.

5. Эффективная поверхность логарифмических антенн: с аттенюатором Д2-8 равна 800—11 см для П6-21 и 3500—400 см^2 для П6-22, с нагрузочным сопротив-

79. Основные характеристики приборов для измерения напряженности поля и радиопомех (измерители напряженности поля П3, измерители радиопомех П4 и приемники измерительные П5)

Тип прибора	Пределы измерения	Диапазон частот, МГц	Погрешность измерения, %
П3-1	2,5 мкВ/м — 100 мВ/м	18—150	30
П4-4	$1—10^5$ мкВ	0,15—20	20
П4-5А	$1—10^6$ мкВ	20—150	40
П4-6	$30—3 \cdot 10^5$ мкВ	$(10 \div 150) \cdot 10^{-3}$	25
П4-7	$10—4 \cdot 10^5$ мкВ	150—400	50
П4-8А	$10—10^5$ мкВ	400—1000	3
П4-9	$10—2 \cdot 10^5$ мкВ	47—235	3
П5-2	5 мкВ — 0,1В	150—400	50
П5-3	5 мкВ — 0,1В	400—1800	50
П5-4	$10^{-12}—10^{-4}$ Вт	$(1 \div 2,35) \cdot 10^3$	50
П5-5	$10^{-12}—10^{-4}$ Вт	$(2,35 \div 4) \cdot 10^3$	50
П5-7	$10^{-12}—10^{-4}$ Вт	$(4 \div 7,4) \cdot 10^3$	45
П5-8	$10^{-12}—10^{-4}$ Вт	$(7,4 \div 12) \cdot 10^3$	45
П5-9	$10^{-15}—10^{-6}$ Вт	500—1000	15
П5-10	$3 \cdot 10^{-15}—10^{-5}$ Вт	9375	15—30
П5-11	$3 \cdot 10^{-15}—10^{-5}$ Вт	3000	15
П5-16	$10^{-15}—10^{-6}$ Вт	$(1 \div 4) \cdot 10^3$	15

80. Антенны измерительные

Тип прибора	Коэффициент усиления	Диапазон частот, ГГц	Входное сопротивление
П6-1	1,5	0,15—1	75 Ом
П6-2	10—23	0,97—1,55	180×85 мм
П6-3	15—34	1,45—2,3	130×65 мм
П6-4	22—48	2,15—3,45	90×45 мм
П6-5	31—63	3,250—4,85	58×25 мм
П6-6	66—115	4—5,9	48×24 мм
П6-7	103—172	0,555—8,350	35×15 мм
П6-8	131—216	7,2—10	28,5×12,6 мм
П6-9	164—267	8,50—12	23×10 мм
П6-14	См. табл. 81	8,4—11,5	23×10 мм
П6-15	То же	8,4—11,5	23×10 мм
П6-16	» »	5,6—8,4	35×15 мм
П6-17	» »	5,6—8,4	35×15 мм
П6-18	» »	3,75—5,6	48×24 мм
П6-19	» »	2,5—3,75	72×34 мм
П6-20	» »	1,8—2,7	110×35 мм
П6-21	» »	0,3—1,8	75 Ом
П6-22	» »	0,15—0,5	75 Ом
П6-23	10—900	1—12	50 Ом

лением Э9-9—35—2,5 см² для П6-21 и 160—20 см² для П6-22. Тип и характеристики головок приборов приведены в табл. 81.

81. Основные данные комплекта прибора типа ПО-1

Диапазон частот, ГГц	Пределы измерений		Тип антенны	Эффективная поверхность, см²	КСВ	Выходное сопротивление ВЧ тракта
	нижний, мкВт/см²	верхний, мВт/см²				
А						
0,15—0,4	0,02 —0,07	1,5 —5	П6-22	3500	2	75 Ом
0,3 —1,8	0,074—5,4	0,68—30	П6-21	800	2	75 Ом
1,8 —2,7	0,47 —0,64	2,74—9,3	П6-20	1000	1,8	110×55 мм
Б						
2,7 —3,75	0,54—0,61	1,22—8,7	П6-19	100	1,8	72×34 мм
3,75—5,6	0,59—0,65	1,36—9,4	П6-18	100	1,8	48×24 мм
В						
5,6—8,4	1,18	0,6—0,79	П6-17	10	1,5	35×15 мм
			П6-16	50		
8,4	1,2	1,2—1,44	П6-15	5	1,5	23×10 мм
			П6-14	50		
11,5—16,7	1,4	1,44—1,53	П6-13	5	1,5	17×8 мм
			П6-12	50		
Г						
0,3—16,7	соответствуют данным диапазонов А, Б, В					

Примечание. На поддиапазон 150—300 МГц комплекты А и Г высокочастотными элементами комплектуются по требованию. На диапазон частот выше 16,7 ГГц комплекты В и Г дополняются высокочастотными элементами по заказу.

6. Аттенюаторы Д2-9 и Д2-11 имеют затухание 10 ± 2 дБ, Д2-10 и Д2-12 20 ± 2 и 20 ± 4 ДБ соответственно.

7. Прибор работает с сохранением технических характеристик в интервале температур от —30 до +50° С.

8. Питание прибора от аккумуляторов или от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В.

Схема комплекта прибора

Структурная схема измерения плотности потока мощности ПО-1 показана на рис. 164.

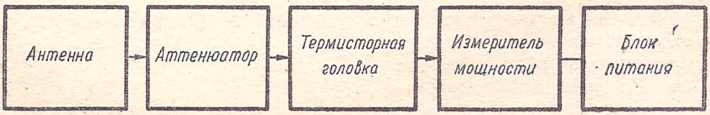


Рис. 164. Структурная схема ПО-1.

Комплект прибора ПО-1 состоит из измерителя мощности (мост М4-2 с блоком питания и комплект терморезисторных головок), измерительных антенн, аттенюаторов, треноги для установки измерительных антенн с универсальной поворотной головкой на кронштейне для крепления на треноге антенн и их ориентации.

Схема и устройство измерителя мощности прибора, а также подготовка его для измерения описаны в гл. IV (прибор типа М3-10).

Подготовка комплекта ПО-1 к работе

Элементы управления измерителем мощности выведены на переднюю и заднюю панели прибора. Блок питания вставляется в кожух прибора с задней стороны.

Для подготовки комплекта ПО-1 к работе необходимо:

1. В соответствии с диапазоном частот и величиной измеряемой мощности выбрать антенну, аттенюатор и терморезисторную головку.
2. Установить поворотную головку с кронштейном на треноге; закрепить на поворотной головке выбранную антенну, подключить к ней терморезисторную головку и при необходимости аттенюатор; выходной шланг головки подключить к гнезду «термисторная головка» на измерителе мощности.
3. Переключатель «сопротивление термистора» на измерителе М4-2 установить в положение, соответствующее рабочему сопротивлению выбранного для работы терморезистора.
4. Ручку рода работы установить в положение «выкл.».
5. Ручки «измерение» повернуть по часовой стрелке до упора.
6. Вынуть необходимый блок питания, и на сетевом блоке переключатель сети поставить в положение «выкл.». Убедиться, что предохранитель-переключатель сетевого напряжения установлен в положение, соответствующее напряжению сети.
7. Перед установкой аккумуляторного блока питания следует проверить пригодность аккумуляторов к работе поочередным нажатием кнопок подключения вольтметра «Аккум. П» на блоке аккумуляторов. При нажатии кнопки показания вольтметра равны 18 В (стрелка вольтметра в красном секторе).
8. Переключатель «пределы измер. мквт» установить в положение, соответствующее измеряемой мощности. Если величина мощности неизвестна, измерение следует начинать с предела 7500 мкВт.
9. Включить питание (должна загореться сигнальная лампочка).
10. Переключатель $П_1$ перевести в положение «калибровка».
11. Нажав маленькую ручку «калибровка» и вращая ее, добиться отклонения стрелки прибора «μW—mW» на всю шкалу (150 делений на верхней шкале).
12. Переключатель $П_1$ перевести в положение «нач. баланс» (источник излучения при этом должен быть выключен). Если источник излучения выключить нельзя, измеритель балансируют при отключенной от антенны терморезисторной головке.
13. Большой ручкой «баланс» установить стрелку прибора «μW—mW» на нуль. После этого нажать кнопку «точно» и маленькой ручкой «баланс» установить стрелку прибора «μW—mW» на нуль.
14. Дать прибору прогреться в течение 10—15 мин. Повторить пп. 11, 12, 13.

Работа с прибором

Для измерения мощности и плотности потока мощности компенсационным методом необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Включить источник излучения.
3. Сориентировать антенну на максимум излучения по максимуму показаний прибора «μA—mW». При слабых сигналах настройку на максимум следует

производить при нажатой кнопке «нажать точно», предварительно переключив «пределы измер. мквт» в положение «150».

4. Переключатель рода работы перевести в положение «бал. измер.».

5. Ручками «измерение» установить стрелку прибора «µW—mW» на нуль.

6. Значение измеряемой мощности отсчитать по показаниям отсчетного прибора «µW—mW» в соответствии с положением переключателя «пределы измер-мквт» и включенными аттенюаторами.

7. Для определения плотности потока мощности полученное значение мощности (п. 6) следует разделить на действующую площадь антенн. Действующая площадь антенн П6-21 и П6-22 определяется по графикам (4 шт.), прилагаемым к антеннам.

Для измерения мощности и плотности потока мощности методом прямого отсчета необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Ручкой «баланс» добиться отклонения стрелки прибора «µA—mW» вправо от нуля.

3. Переключатель «пределы измер. мквт» установить в положение «5000».

4. Переключатель $П_1$ перевести в положение «бал. измер.».

5. Ручками «измерение» и «баланс» установить стрелку отсчетного прибора на отметку 3 мВт и окончательную установку произвести при нажатой кнопке «нажать точно».

6. Переключатель $П_1$ превести в положение «прямой отсчет».

7. Большой ручкой «калибровка» установить стрелку нуль-индикатора на риску «К» (маленькую ручку «калибровка» нажимать и вращать при этом нельзя).

8. Ручками «баланс» установить стрелку прибора на нуль.

9. Включить источник излучения; сориентировать антенну на максимум излучения.

10. Значение измеренной мощности отсчитать по показаниям прибора «µA — mW» по шкале 7,5 мВт с учетом затухания включенных аттенюаторов.

11. Плотность потока мощности определяется делением величины измеренной мощности на действующую площадь антенн (действующая площадь антенн П6-21 и П6-22 определяется по графикам).

Зарядка аккумуляторов от сетевого блока питания. Если напряжение аккумуляторов меньше 18 В, их следует зарядить. Для этого необходимо:

1. Вынуть блок питания из прибора.

2. Соединить аккумуляторы и сетевой блок специальным кабелем, входящим в комплект прибора.

3. Отвернуть пробки аккумуляторных банок.

4. Включить питание сетевого блока (при этом должна загореться сигнальная лампочка на блоке питания).

5. Зарядить аккумуляторы до полного заряда по правилам, установленным для кадмиево-никелевых аккумуляторов. В аккумуляторном блоке применяется батарея аккумуляторов 2КНБ-2 (заряд током 400 мА в течение 10 ч).

ИЗМЕРИТЕЛИ РАДИОПОМЕХ

Измеритель радиопомех П4-4

Представляет собой высокочастотный измерительный микровольтметр.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения напряжения 1—100 000 мкВ в диапазоне частот 0,15—20 МГц с провалом в интервале частот 0,39—0,52 МГц.

2. Прибором можно измерять интенсивность высокочастотных полей с напряженностью 2—200 000 мкВ/м.

3. Погрешность градуировки прибора по шкале частот не выше ±5%.

4. Погрешность градуировки шкалы микровольтметра не более ±10%, за исключением диапазона частот 0,15—0,39 МГц, где на участке шкалы 0—30 мкВ погрешность может иметь значение в пределах от ±10 до 30%.

5. Погрешность деления входного делителя не более ±20%.

6. Общая полоса пропускания прибора равна 8—10 кГц (на уровне 0,5 от ординаты, соответствующей резонансной частоте).

7. Сопротивление входа, измеренное на зажимах входного шланга, соответствует данным, приведенным в табл. 82.

82. Входное сопротивление приемника типа П4-4

Показатель	Поддиапазон				
	I	II	III	IV	V
Частота, МГц	0,15—0,38	0,44—1,35	1,35—3,5	3,5—9,5	9,5—20
Сопротивление, кОм	25—7	9—12	3—0,6	1—0,25	0,2—0,1

Схема прибора

Принципиальная схема измерителя радиопомех типа П4-4 (рис. 165) содержит входную цепь с делителем, усилитель высокой частоты, преобразователь, усилитель промежуточной частоты, детектор, ламповый вольтметр, калибратор, схему прослушивания помех и источники питания.

Входная цепь измерителя состоит из входного контура (L_2, C_2 и R_2 на втором поддиапазоне) и конденсатора связи C_{76}, помещенного в цоколе входного шланга. Входной шланг или штыревая антенна соединяется с входной цепью через гнездо «вход» (рис. 166).

При измерении напряжений свыше 100 мкВ между входным гнездом и входным контуром включается емкостный декадный делитель, дающий ослабление входного напряжения в 10, 100 и 1000 раз. Соответствующая ступень делителя включается кнопочным переключателем нажатием одной из кнопок «×1» ($П_1$), «×10» ($П_2$), «×100» ($П_3$), «×1000» ($П_4$) (при установке переключателя $П_7$ в положение «измерения»).

Усилитель высокой частоты работает на лампе $Л_2$ по схеме с трансформаторным включением контура в анодную цепь.

Преобразователь работает на лампе $Л_3$, на триодной части которой (нить накала, первая и вторая сетки) работает гетеродин по схеме с трансформаторной связью.

Частота настройки изменяется при переключении контуров входной цепи и гетеродина переключателем диапазонов. Плавное изменение частоты осуществляется изменением емкости конденсаторов C_{10} в контурах УВЧ и гетеродина. Ручка переменного конденсатора выведена на переднюю панель.

Усилитель промежуточной частоты работает на лампах $Л_4$ и $Л_5$.

Детектор измерителя работает на лампе $Л_6$ (используются электроды управляющая сетка — нить накала). При измерении помех (переключатель $П_8$ в положении «помехи») нагрузкойдетектора являются сопротивления R_{22} и R_{23}, шунтированные конденсатором C_{58}. При этом включении постоянная времени заряда детекторной цепи составляет 10 мкс, а постоянная времени разряда — 600 мкс.

Сопротивления нагрузки детектора и шунтирующего конденсатора выбраны из расчета измерения амплитудных значений напряжения с учетом физиологической особенности уха. Эта особенность заключается в неодинаковом слуховом восприятии импульсов звука различной продолжительности и частоты и в инер-

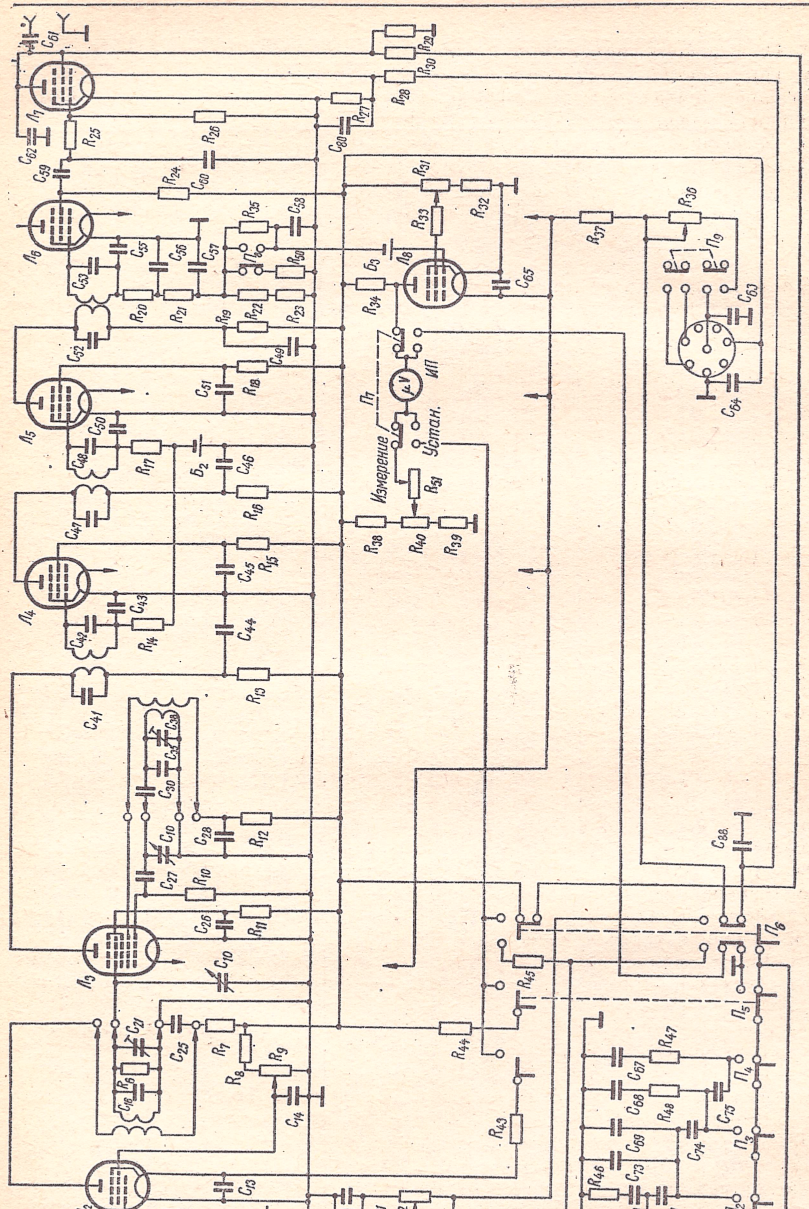

Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Л7
Л8
L2
R2
R3
R4
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
R16
R17
R18
R19
R20
R21
R22
R23
R24
R25
R26
R27
R28
R29
R30
R31
R32
R33
R34
R35
R36
R37
R38
R39
R40
R42
R43
R44
R45
R46
R47
R48
R50
R51
C2
C7
C8
C9
C10
C11
C12
C13
C14
C16
C21
C25
C26
C27
C28
C30
C35
C38
C41
C42
C43
C44
C45
C46
C47
C48
C49
C50
C51
C52
C53
C55
C56
C57
C58
C59
C60
C61
C62
C63
C64
C65
C67
C68
C69
C70
C71
C72
C73
C74
C75
C80
C88
Б1
Б2
Б3
П1
П2
П3
П4
П5
П6
П7
П8
П9
ИП
μV
Измерение
Установ.

Рис. 165. Принципиальная схема прибора П4-4.

83. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа П4-4

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1^*	ВС-0,25	150 кОм	C_8	КСО-2-500В	100 пФ
R_2	ВС-0,25	220 кОм	C_9	КСО-2-500В	510 пФ
R_3	ВС-0,5	15 кОм	C_{10}	Блок конденсаторов	11—500 пФ
R_4	ВС-0,25	470 кОм	C_{11}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_5^*	ВС-0,25	150 кОм	C_{12}	КБГ-И-200	0,025 мкФ
R_6	ВС-0,25	220 кОм	C_{13}, C_{14}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_7	ВС-0,25	4,7 кОм	C_{15}^*—C_{19}^*	КПК-1	4—15 пФ
R_8	ВС-0,5	15 кОм	C_{20}^*, C_{21}	КТК-1-М	16 пФ
R_9	СП-I-2Б	100 кОм	C_{22}^*	КТК-1-М	20 пФ
R_{10}	ВС-0,25	10 кОм	C_{23}^*	КТК-1-М	16 пФ
R_{11}	ВС-0,5	22 кОм	C_{24}^*	КТК-2-М	51 пФ
R_{12}	ВС-0,25	1 кОм	C_{25}, C_{26}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{13}	ВС-0,25	4,7 кОм	C_{27}	КСО-2-250В	68 пФ
R_{14}	ВС-0,25	100 кОм	C_{28}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{15}	ВС-0,5	39 кОм	C_{29}^*	КСО-2-500В	180 пФ
R_{16}	ВС-0,25	1 кОм	C_{30}	КСО-2-500В	560 пФ
R_{17}	ВС-0,25	100 кОм	C_{31}^*	КСО-2-500В	1200 пФ
R_{18}	ВС-0,5	39 кОм	C_{32}^*	КСО-2-500В	2400 пФ
R_{19}^*	ВС-0,25	1 кОм	C_{33}^*	КСО-2-500В	10 000 пФ
R_{20}	ВС-0,25	15 кОм	C_{34}^*	КТК-2-М	51 пФ
R_{21}	ВС-0,25	22 кОм	C_{35}	КТК-1-М	36 пФ
R_{22}	ВС-0,25	3,3 МОм	C_{36}^*	КТК-1-М	20 пФ
R_{23}	ВС-0,25	2,7 МОм	C_{37}^*—C_{41}	КПК-1-4/15	4—15 пФ
R_{24}	ВС-0,5	10 МОм	C_{42}, C_{43}	КСО-2-500В	220 пФ
R_{25}	ВС-0,25	100 кОм	C_{44}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{26}	ВС-0,25	1 МОм	C_{45}	КБГ-И-200	0,025 мкФ
R_{27}	ВС-0,25	56 Ом	C_{46}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{28}	Проволочный	5,5 Ом	C_{47}, C_{48}	КСО-2-500В	220 пФ
R_{29}, R_{30}	ВС-0,5	39 кОм	C_{49}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{31}	СП-I-2Б	22 кОм	C_{50}	КБГ-И-200	0,025 мкФ
R_{32}	ВС-0,5	82 кОм	C_{51}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{33}, R_{34}	ВС-0,25	39 кОм	C_{52}, C_{53}	КСО-2-500В	220 пФ
R_{35}	ВС-0,25	2,2 МОм	C_{55}, C_{57}	КСО-2-500В	100 пФ
R_{36}	Проволочный	30 Ом	C_{58}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{37}	ВС-0,25	0,7 Ом	C_{60}	КСО-5-500А	2700 пФ
R_{38}	ВС-0,5	15 кОм	C_{62}	КБГ-И-200	0,05 мкФ
R_{39}	ВС-0,25	56 кОм	C_{63}, C_{65}	КБГ-И-200	0,1 мкФ
R_{40}	СП-I-2Б	10 кОм	C_{67}, C_{68}	КТК-1-Д-100-1	100 пФ
R_{42}	Проволочный	12 Ом	C_{69}	КТК-1-Д-100-1	39 пФ
R_{43}	ВС-0,5	3,9 кОм	C_{70}	КТК-1-Д-100-1	5 пФ
R_{44}	ВС-0,25	270 кОм	C_{71}	КТК-1-Д-100-1	10 пФ
R_{45}, R_{46}	Проволочный	30 Ом			
R_{47}, R_{48}	ВС-0,25	56 Ом			
R_{50}	ВС-0,25	4,7 МОм			
R_{51}	СП-I-2Б	1500 Ом			
C_1^*—C_5^*	КПК-1	4—15 пФ			
C_6^*	КТК-2-М	51 пФ			
C_7	КБГ-И-200	0,1 мкФ			

Продолжение табл. 83

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_{72}, C_{75}	КТК-1	6—25 пФ	$Л_3$	СО-242	—
C_{88}	КЭ-1а-12	1000 мкФ	$Л_4$—$Л_8$	2К2М	—
$Л_1$	2Д3С	—	*ИП*	Микроамперметр	
$Л_2$	2К2М	—			

---

* Элементы соответствуют положениям «перекл. диапазонов», не указанным на схеме.

ционности этого восприятия. Примененная схема детектора позволяет получить показания прибора, пропорциональные величине мешающего действия помехи.

При установке переключателя в положение «станции» постоянные времени детекторной цепочки становятся близкими к постоянным времени обычного детектора.

Сопротивления R_{20} и R_{21} с конденсаторами C_{55} и C_{56} составляют фильтр.

Выпрямленное напряжение (постоянная составляющая) снимается с нагрузки детектора на ламповый вольтметр. Ламповый вольтметр работает на мостиковой схеме, плечами которой являются сопротивление лампы $Л_8$ постоянному току и сопротивления R_{34}, R_{38}—R_{40}. В измерительную диагональ моста включается микроамперметр *ИП* с добавочным сопротивлением R_{51} (при установке переключателя $П_1$ в положение «измерения»). Мост питается от общего источника питания.

Положение движков потенциометров R_{40} и R_{51} определяется при регулировке прибора.

Мостовая схема балансируется изменением сопротивления лампы при изменении напряжения на экранной сетке, снимаемого с потенциометра R_{31}. Ручка этого потенциометра выведена на переднюю панель и обозначена «уст. нуля».

Калибратор работает на специальном шумовом диоде (лампа $Л_1$). В калибраторе используется дробовой эффект насыщенного диода. Нагрузкой его служит настроенный колебательный контур, который выделяет высокочастотное напряжение шумов.

Напряжение на шумовой диод подается при нажатии кнопки $П_6$ «калибр.». Проверка нормального тока шумового диода производится в положении «установка» $П_7$ при нажатой кнопке «калибр.». При этом прибор подключается к сопротивлению шунта R_{45}, включенному в анодную цепь диода.

Анодный ток устанавливается изменением напряжения накала шумового диода переменным сопротивлением R_{42}. Ручка этого сопротивления выведена на левую боковую панель под шлиц и обозначена «калибровка». Значение калибровочного напряжения, по которому устанавливается усиление, нанесено на шкалу специального калибровочного диска, вращаемого одновременно с ротором конденсаторного блока. Усиление измерителя устанавливается изменением напряжения на экранной сетке лампы УВЧ, снимаемого с потенциометра R_9. Ручка этого сопротивления выведена на переднюю панель и обозначена «калибровка».

Для прослушивания помех в процессе измерения в измерителе имеется самостоятельная схема, состоящая из детектора и усилителя низкой частоты. Детектор работает на лампе $Л_6$ по схеме анодного детектирования с использованием в качестве анода экранной сетки. С сопротивления нагрузки R_{24} напряжение звуковой частоты поступает на усилитель низкой частоты, работающий на лампе $Л_7$.

При включении шумового диода питание накала усилителя низкой частоты в целях экономии отключается.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа П4-4 приведена в табл. 83.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 166). Для измерения напряжений к прибору придается входной шланг.

Для измерения напряженности поля в комплект прибора входит штыревая антенна с действующей высотой во всем диапазоне измеряемых частот, равной 0,5 м.

Перед работой с прибором необходимо соединить измеритель помех с приставкой питания и убедиться в соответствии положения переключателя силового трансформатора имеющемуся напряжению. Этот переключатель находится на левой боковой стенке сетевой приставки питания.

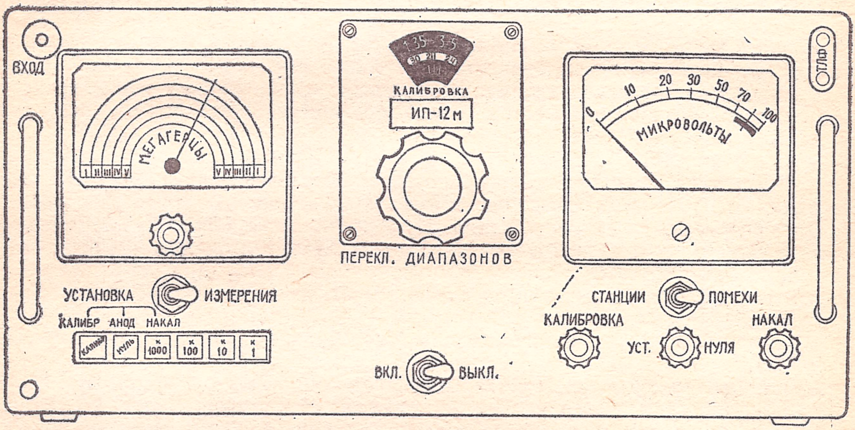

ВХОД
МЕГАГЕРЦЫ
I II III IV V
V IV III II I
УСТАНОВКА
ИЗМЕРЕНИЯ
КАЛИБР
АНОД
НАКАЛ
КАЛИБР
НУЛЬ
×1000
×100
×10
×1
1,35–3,5
КАЛИБРОВКА
ИП-12м
ПЕРЕКЛ. ДИАПАЗОНОВ
ВКЛ.
ВЫКЛ.
0
10
20
30
50
70
100
МИКРОВОЛЬТЫ
ТЛФ
СТАНЦИИ
ПОМЕХИ
КАЛИБРОВКА
УСТ.
НУЛЯ
НАКАЛ

Рис. 166. Вид передней панели прибора П4-4.

Перед включением прибора необходимо ручку реостата «накал» повернуть против часовой стрелки до упора, переключатель сети поставить в положение «выкл.».

После этого подключить кабель питания к приставке и к сети.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель «установка—измерения» поставить в положение «установка».

2. Нажать кнопку «накал» (×1000).

3. Включить питание измерителя.

4. Ручкой «накал» установить нормальное напряжение (стрелка прибора должна находиться против красной риски).

5. Проверить анодное напряжение, нажав кнопку «анод» (нуль).

При нормальном анодном напряжении стрелка прибора должна также находиться против красной черты.

При необходимости анодное напряжение можно подрегулировать потенциометром R_{54} (на рисунке не показан). Доступ к оси этого потенциометра через отверстие в правой боковой стенке приставки, обозначенное «установка анода». При питании от сетевой приставки рекомендуется после включения прогреть измеритель в течение 30 мин.

6. Переключатель диапазонов установить в положение, соответствующее частоте измерения. Частотные пределы поддиапазонов обозначены на черном диске в окне «калибровка».

7. Ручкой настройки установить необходимую частоту измерения. При этом

риска шкалы калибровки (белая в окне) укажет значение калибровочного напряжения на данной частоте измерения.

8. Переключатель «станции—помехи» поставить в положение «помехи».

9. Нажать кнопку «калибр.» и проверить нормальный анодный ток шумового диода (стрелка микроамперметра должна находиться в пределах зачерненного участка шкалы). При необходимости нормальный ток шумового диода устанавливается переменным сопротивлением R_{42}. Доступ к оси этого сопротивления через отверстие в левой боковой стенке измерителя, обозначенное «установка калибр.».

10. Поставить переключатель «установка—измерения» в положение «измерения» и, нажав кнопку «нуль», ручкой «уст. нуля» установить стрелку микроамперметра на нуль.

11. Нажать кнопку «калибр.», ручкой «калибровка» установить показание микроамперметра, соответствующее цифре на белом диске в окне «калибровка». Если риска в окне находится между двумя числами, следует произвести приблизительную интерполяцию показаний.

Положение ручек «калибровка» и «уст. нуля» влияют друг на друга, поэтому установку нуля и калибровку (см. пп. 10, 11) следует производить до тех пор, пока не будет достигнута нормальная установка нуля и соответствующая калибровка.

Примечание. Операции по установке нуля и калибровке необходимо производить при каждом изменении частоты.

Работа с прибором

Для измерения высокочастотного напряжения «вход» измерителя подключается к исследуемой схеме входным шлангом.

После подключения необходимо нажать кнопки переключения делителя, начиная с кнопки «× 1000», переходя к более низким ступеням, пока показания прибора не будут соответствовать пределам шкалы 10—100 мкВ. При измерении синусоидального напряжения переключатель «станции—помехи» должен быть в положении «станции», а при измерении помех — в положении «помехи».

При измерении импульсных помех, если показания микроамперметра лежат в пределах шкалы 50—100 мкВ, необходимо нажать следующую кнопку (дающую большее деление). При этом показания прибора должны соответствовать 1/10 прежней величины. Если показания будут большими, то это означает, что была перегрузка измерителя и последние показания будут более правильными.

Отсчет величины измеряемого напряжения определяется произведением показаний, взятых по шкале прибора, на множитель, соответствующий нажатой кнопке.

Для измерения напряженности поля необходимо в гнездо «вход» прибора вставить штыревую антенну на полную высоту (1 м). При этом прибор устанавливают на изолированную подставку высотой не менее 0,5 м от земли. В радиусе порядка 1 м вокруг прибора не должны находиться объемные металлические предметы.

При снятии отсчета оператор не должен касаться корпуса прибора и находиться от него на расстоянии не менее 1 м.

При измерении напряженности поля нельзя пользоваться сетевой приставкой питания.

Работа с прибором ведется аналогично работе при измерении напряжения. Измеренное значение напряженности поля (в микровольтах на метр) находится умножением удвоенных показаний, снятых по шкале микроамперметра, на множитель, соответствующий нажатой кнопке.

ГЛАВА XII

ГЕНЕРАТОРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ (подгруппа Г)

Основные характеристики измерительных генераторов сигналов приведены в табл. 84.

84. Основные характеристики генераторов сигналов

Тип прибора	Диапазон частот	Выходной сигнал
Г3-1А	0,05—20 кГц	5 В
Г3-2	0,02—20 кГц	0,5 Вт
Г3-3	0,02—200 кГц	1 В
Г3-4А	0,02—200 кГц	0,5 Вт
Г3-5	0,2—60 кГц	5 В
Г3-7А	20 Гц—10 МГц	100 мкВ—30 В
Г3-8А	6—480 МГц	5 мкВ—20 мВ
Г3-9	150—170 МГц	3 Вт—1 мВт
Г3-10А	2—3 ГГц	0,6—0,001 Вт
Г3-14	7,5—10,4 ГГц	5 мВт
Г3-16	0,01—100 Гц	25 В
Г3-18	20Гц—20 кГц	3 Вт
Г3-20	20—820 МГц	1—0,5 Вт
Г3-21	0,82—1,8 ГГц	1—0,5 Вт
Г3-22	1,8—3 ГГц	50 мВт
Г3-23	3—4,5 ГГц	15—40 мВт
Г3-24	4,5—7,5 ГГц	10 мВт
Г3-25	7—9 ГГц	12 мВт
Г3-26	8,85—12,09 ГГц	8 мВт
Г3-27	12—16,6 ГГц	8 мВт
Г3-33	20 Гц—200 кГц	0,5—5 Вт
Г3-34	20 Гц—20 кГц	0,5—5 Вт
Г3-35	20 Гц—200 кГц	8 В
Г3-36	20 Гц—200 кГц	0—5 В
Г3-41	0,15—30 МГц	15—100 В

ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ

Генератор сигналов Г3-2

Предназначен для получения синусоидальных колебаний звуковой частоты.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот 20—20 000 Гц.
2. Точность градуировки ±2% ±1 Гц.
3. Неравномерность частотной характеристики генератора относительно частоты 40 Гц при согласованной нагрузке 600 Ом и выходной мощности 0,5 Вт не более ±0,5 дБ в полосе частот от 50 до 10 000 Гц и не более 1,5 дБ в полосе частот от 20 до 20 000 Гц.

4. Уход частоты после 30 мин предварительного прогрева не превышает 4 Гц на частоте 1000 Гц за первый час работы и 3 Гц в течение следующих семи часов.

5. При измерении напряжения питания на ±10% изменение выходной мощности не превышает ±5%.

6. Уровень шумов на 60 дБ ниже уровня выходного напряжения при выходной мощности 0,5 Вт и нагрузке 600 Ом.

7. Нелинейные искажения при согласованных нагрузках 50, 200 и 600 Ом и отдаваемой мощности 0,5 Вт не превышают 0,3% в диапазоне частот от 400 до 7500 Гц и 7% на остальной части диапазона.

8. При максимальной мощности 5 Вт нелинейные искажения не превышают 1,5% в диапазоне частот 200—5000 Гц.

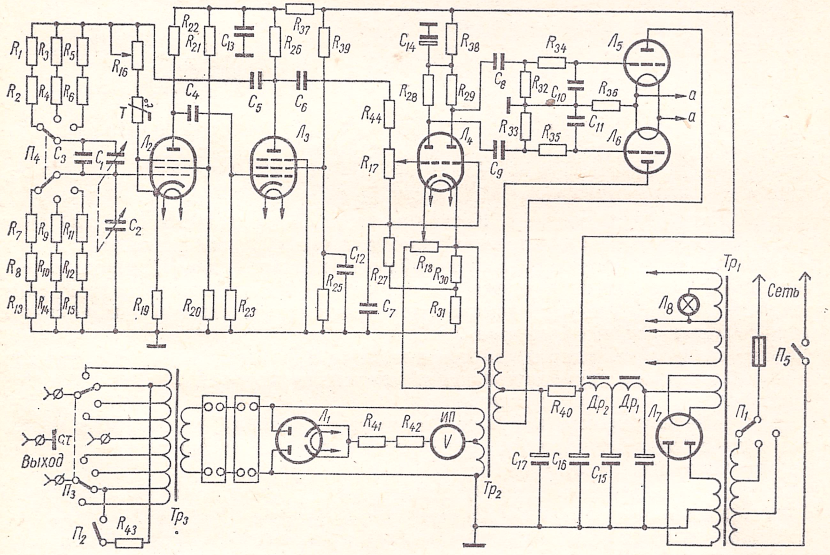
9. Максимальное выходное напряжение 150 В.

10. Погрешность градуировки шкалы вольтметра выходного напряжения на частоте 1000 Гц при нагрузке в 600 Ом не превышает 5%.

11. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127 и 220 В ± 10%. Потребляемая от сети мощность 150 Вт.

Схема прибора

Принципиальная схема Г3-2 (рис. 167) состоит из генератора, усилителя, схемы регулирования и измерения выходного напряжения, выпрямителя. Генератор с самовозбуждением класса *RC* работает на лампах $Л_2$ и $Л_3$. Для повышения устойчивости частоты и автоматической регулировки амплитуды в цепь обратной связи включен терморезистор T.



R1
R3
R5
R2
R4
R6
R16
T
R22
R21
C4
C13
R26
R37
R39
C5
C6
Л2
Л3
C14
R38
R34
Л5
R28
R29
C8
R32
C10
R36
a
a
R44
R33
R35
C11
Л6
Л4
R17
C9
П4
C3
C1
C2
V
R7
R9
R11
R8
R10
R12
R13
R14
R15
R19
R20
R23
C12
R25
R27
C7
R18
R30
R31
Тр1
Сеть
Л8
П5
П1
R40
Др2
Др1
Л7
C17
C16
C15
Л1
R41
R42
ИП
V
Тр2
СТ
Выход
П3
Тр3
П2
R43

Рис. 167. Принципиальная схема прибора Г3-2.

Частота генератора изменяется:

плавно — изменением емкости C_1 и C_2 в цепи положительной обратной связи. Ручка конденсатора переменной емкости выведена на переднюю панель;

ступенями — изменением сопротивлений R_1—R_6 и R_7—R_{15} в цепи положительной обратной связи ручкой «множитель» (рис. 168).

85. Спецификация к принципиальной схеме прибора Г3-2

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,5	6,8 МОм	R_{38}	ВС-1	20 кОм
R_2	ВС-0,25	1,0 МОм	R_{39}	ВС-5	27 кОм
R_3	ВС-0,25	680 МОм	R_{40}	ПЭВ-10	1,3 кОм
R_4	ВС-0,25	100 МОм	R_{41}	ВС-0,25	24 кОм
R_5	ВС-0,25	68 МОм	R_{42}	ВС-0,25	1 кОм
R_6	ВС-0,25	10 МОм	R_{43}	Проволочный	600 Ом
R_7	ВС-0,25	68 МОм	R_{44}	ВС-0,25	180 кОм
R_8	ВС-0,25	10 МОм	C_1, C_2	КПК-2	30—1060 пФ
R_9	ВС-0,25	680 МОм	C_3	КПК	—
R_{10}	ВС-0,25	100 МОм	C_4	КМБГ	0,5 мкФ
R_{11}	ВС-0,5	6,8 МОм	C_5	КМБГ	4 мкФ
R_{12}	ВС-0,25	1 МОм	C_6—C_9	КБГ-М2	0,25 мкФ
R_{13}—R_{18}	СП-II-1А	—	C_{10}	КТК-2-Д	240 пФ
R_{19}	ВС-0,25	1,5 кОм	C_{11}	КТК-2-Д	120 пФ
R_{20}	ВС-0,25	20 кОм	C_{12}—C_{17}	КЭК-1-Н	20 мкФ
R_{21}, R_{22}	ВС-1	100 кОм	$Л_1$	6Х6С	—
R_{23}	ВС-0,25	510 кОм	$Л_2$	6Ж8	—
R_{25}	ВС-5	10 кОм	$Л_3$	6П9	—
R_{26}	ВС-2	7,5 кОм	$Л_4$	6Н8С	—
R_{27}	ВС-0,25	160 кОм	$Л_5$, $Л_6$	6С4С	—
R_{28}, R_{29}	ВС-1	51 кОм	$Л_7$	5Ц3С	—
R_{30}	ВС-0,25	1,3 кОм	$Л_8$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{31}	ВС-1	20 кОм	T	ТП-6/2	—
R_{32}	ВС-0,25	100 кОм	$Тр_1$	СТ-52	—
R_{33}	ВС-0,25	160 кОм	$Тр_2$	ТВ-32	—
R_{34}, R_{35}	ВС-0,25	33 кОм	$Тр_3$	СТ-9	—
R_{36}	ВС-5	510 Ом	$Др_1$, $Др_2$	Д-41	—
R_{37}	ВС-2	5,1 кОм	*ИП*	Микроамперметр	—

Усилитель двухкаскадный. Каскад на лампе $Л_4$ представляет собой фазоинвертор, собранный по симметричной автобалансной схеме. На лампах $Л_5$ и $Л_6$ работает усилитель мощности, собранный по двухтактной схеме. Для уменьшения нелинейных искажений и шумов применена отрицательная обратная связь, подаваемая в катодную цепь лампы фазоинверсного каскада с обмотки обратной связи выходного трансформатора $Тр_2$.

Индикатором выходного напряжения служит диодный вольтметр, работающий на лампе $Л_1$ по двухполупериодной схеме с прибором *ИП* («V»).

Выходное напряжение изменяется:

плавно — изменением напряжения звуковой частоты, подаваемого на вход усилителя с потенциометра R_{17}, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «рег. вых. напр.»;

ступенями — регуляторами мостового типа, ручки которых обозначены на передней панели «затухание дб».

Выход генератора согласуется с нагрузкой изменением числа витков согласующего трансформатора $Тр_3$, с которых снимается выходное напряжение, при помощи переключателя $П_3$, ручка которого обозначена «вых. сопротивление».

При работе с большим сопротивлением внешней нагрузки для определения выходного напряжения к выходу генератора подключается внутренняя нагрузка —сопротивление R_{43}. Для этого переключатель $П_2$ («внутр. нагрузка») ставится в положение «вкл.».

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г3-2 приведена в табл. 85.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления генератором выведены на переднюю панель (рис. 168). Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в соответствии установки переключателя сети с предохранителем номинальному напряжению сети.

2. Переключатель сети поставить в положение «выкл.».

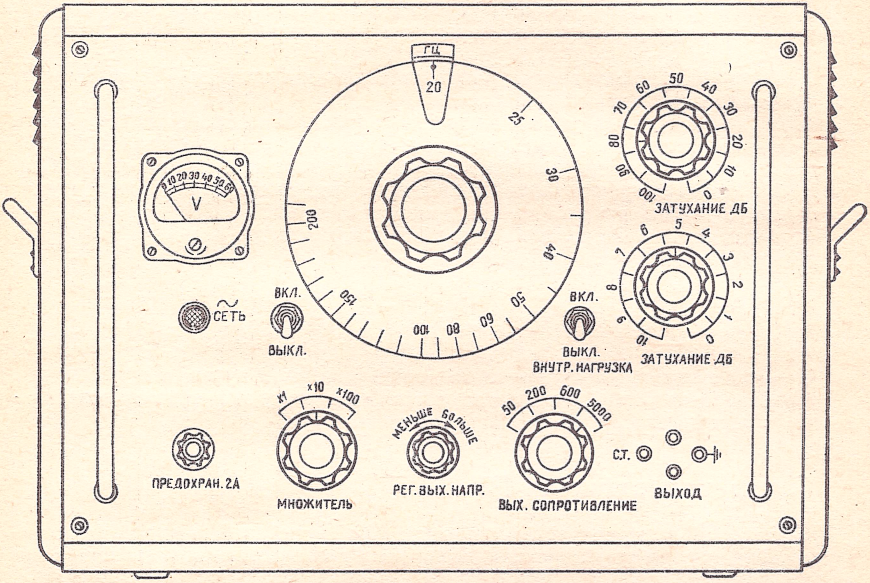

ГЦ
20
25
30
40
50
60
80
100
150
200
0 10 20 30 40 50 60
V
СЕТЬ
ВКЛ.
ВЫКЛ.
ВКЛ.
ВЫКЛ.
ВНУТР. НАГРУЗКА
100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0
ЗАТУХАНИЕ ДБ
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
ЗАТУХАНИЕ ДБ
x1 x10 x100
МЕНЬШЕ БОЛЬШЕ
50 200 600 5000
СТ.
ПРЕДОХРАН. 2А
МНОЖИТЕЛЬ
РЕГ. ВЫХ. НАПР.
ВЫХ. СОПРОТИВЛЕНИЕ
ВЫХОД

Рис. 168. Вид передней панели прибора Г3-2.

3. Переключатель «внутр. нагрузка» поставить в положение «выкл.».

4. Включить кабель питания в сеть.

5. Включить питание (при этом должна загореться индикаторная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 2—3 мин.

Установка частоты

Необходимую частоту можно устанавливать и изменять:
плавно — ручкой установки частоты;
ступенями в 10 раз — переключателем «множитель».

Значение устанавливаемой частоты определяется умножением отсчета шкалы на показания ручки «множитель».

Установка и регулировка выходного напряжения

Выходное напряжение генератора Г3-2 выводится через клеммы «выход». Выход симметричный, со средней точкой «с. т.» (левая клемма) и с корпусом генератора не соединен.

Выходное напряжение может изменяться плавно — ручкой «рег. вых. напр.» и ступенями — нижней ручкой «затухание дб» на 10 дБ ступенями по 1 дБ и верхней ручкой «затухание дб» на 100 дБ ступенями по 10 дБ.

Величина выходного напряжения определяется по показаниям прибора «V» с учетом ослабления выходного напряжения аттенюаторами «затухание дб». Показания прибора «V» соответствуют напряжению на выходных клеммах только при согласованной нагрузке сопротивлением 600 Ом и при установленных на нуль делителях выходного напряжения. При согласованных нагрузках в 50, 200 и 5000 Ом показания прибора необходимо соответственно умножить на коэффициенты 0,289; 0,576 и 2,89.

Примечание. Генератор с нагрузкой согласовывается установкой ручки «вых. сопротивление» в положение, соответствующее сопротивлению нагрузки.

При других сопротивлениях нагрузки показания прибора «V» не соответствуют величине выходного напряжения.

При работе генератора на нагрузку с большим сопротивлением (более 5000 Ом) необходимо включить переключатель «внутр. нагрузка». Выходное напряжение при этом определяется в зависимости от положения переключателя нагрузки, как указывалось выше. Большему значению сопротивления нагрузки соответствует большая величина выходного напряжения.

При ослаблении напряжения делителя «затухание дб» величина выходного напряжения определяется по формуле

$$U_{\text{вых}} = U \cdot 10^{-\frac{A}{20}},$$

где U — показание прибора; A — сумма показаний шкал ручек «затухание дб».

Показания прибора «V» соответствуют эффективному значению синусоидального напряжения.

Генератор сигналов ГЗ-4

Предназначен для получения синусоидальных колебаний звуковой и ультразвуковой частот при регулировке и испытаниях низкочастотных каскадов радиоаппаратуры в лабораторных и заводских условиях. Кроме того, он может быть использован в качестве лампового вольтметра для измерения напряжения синусоидальной формы.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот 20—200 000 Гц.
2. Погрешность генератора по частоте ±(0,02F + 1) Гц.
3. Погрешность градуировки шкалы расстройки не превышает ±(0,003F + 0,5)Гц.
4. Уход частоты после 30 мин предварительного прогрева не превышает 0,004F Гц за первый час работы и 0,003F Гц в течение следующих семи часов.
5. Максимальная выходная мощность 5 Вт.
6. Нелинейные искажения не превышают:

На частотах 400—7500 Гц и мощности 0,5 Вт 0,3%
» » 60—400 Гц » » 0,5 Вт 0,7%
» » 7,5—15 кГц » » 0,5 Вт 0,7%
» » 60—1500 Гц » » 5,0 Вт 2,0%
» » до 200 кГц форма кривой практически синусоидальна.

7. Неравномерность частотной характеристики при согласованной нагрузке 600 Ом относительно уровня на частоте 40 Гц не превышает:

В полосе частот 20—60 000 Гц и мощности 0,5 Вт . . ±0,5 дБ
» » » 60—200 кГц » » 0,5 Вт . . . ±1,0 дБ
» » » 20—60 000 Гц » » 5 Вт . . . ±1,0 дБ
» » » 60—200 кГц » » 5 Вт . . . ±3,0 дБ

8. На согласованных нагрузках 50, 200 и 5000 Ом в полосе частот 20—200 000 Гц неравномерность не превышает ±1 дБ при выходной мощности 0,5 Вт и ±3 дБ при мощности 5,0 Вт.

9. Погрешность деления аттенюаторов:

на частотах 20—60 000 Гц ± 1 дБ при затухании не свыше 80 дБ и ±3 дБ при затухании до 102 дБ;

на частотах 60—200 кГц ± 3 дБ при затухании не свыше 80 дБ и ± 4 дБ при затухании до 120 дБ.

10. Верхний предел измерения напряжения вольтметром 150 В. Погрешность вольтметра ±3% на частотах до 60 кГц и ±6% на частотах до 200 кГц.

11. Температурная погрешность вольтметра при изменении температуры в пределах от 10 до 35° С не превышает ±0,3% на 1 град.

12. Дополнительная погрешность вольтметра от колебаний напряжения сети на ±10% не более ±3%.

13. Максимальная погрешность вольтметра, обусловленная формой напряжения, не более ±2% при клирфакторе 5%.

14. Входное сопротивление вольтметра 500 кОм.

15. Входная емкость вольтметра не превышает 20 пФ.

16. Выход генератора конструктивно выполнен в виде стандартных клемм-гнезд. Вход вольтметра через специальную фишку с пробником.

17. Питание генератора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В. Потребляемая мощность не превышает 150 ВА.

Схема прибора

Принципиальная схема генератора Г3-4 (рис. 169) состоит из генератора, усилителя, схемы регулирования выходного напряжения, вольтметра, выпрямителя.

Генератор с самовозбуждением класса *RC* работает на лампах $Л_2$ и $Л_3$. Для повышения устойчивости частоты и автоматической регулировки амплитуды в цепь обратной связи включен терморезистор T_1.

Частота генератора изменяется:

плавно — изменением емкости спаренного конденсатора C_2, ручка которого выведена на переднюю панель. Кроме того, частота генератора в любой точке шкалы может быть расстроена на 1,5% сопротивлением R_4, ручка которого на передней панели обозначена «расстройка %»;

ступенями — переключением сопротивлений R_1—R_{20} переключателем $П_1$, ручка которого на передней панели обозначена «множитель».

Усилитель двухкаскадный. Каскад на лампе $Л_4$ представляет собой фазоинвертор, собранный по симметричной автобалансной схеме.

Выходное напряжение изменяется:

плавно — изменением напряжения, подаваемого на вход усилителя с потенциометра R_{35}, ручка которого на передней панели обозначена «рег. вых. напр.»;

ступенями — изменением затухания трех ячеек аттенюатора: на 6 дБ через 1 дБ; на 36 дБ через 6 дБ; на 60 дБ через 20 дБ.

Выход генератора согласовывается с нагрузкой:

изменением числа витков выходного трансформатора, с которых снимается выходное напряжение;

переключением выходных трансформаторов. Ручка этого переключателя выведена на переднюю панель и обозначена «вых. сопротивл.».

Выход генератора симметричный и с корпусом прибора не соединен. Для несимметричного выхода средняя точка «с. т.» или один из крайних выводов трансформатора могут быть соединены с корпусной клеммой перемычкой, имеющейся на клемме «земля».

При внешней нагрузке с большим сопротивлением для определения выходного напряжения к выходу генератора подключается внутренняя нагрузка (R_{52}—R_{54}

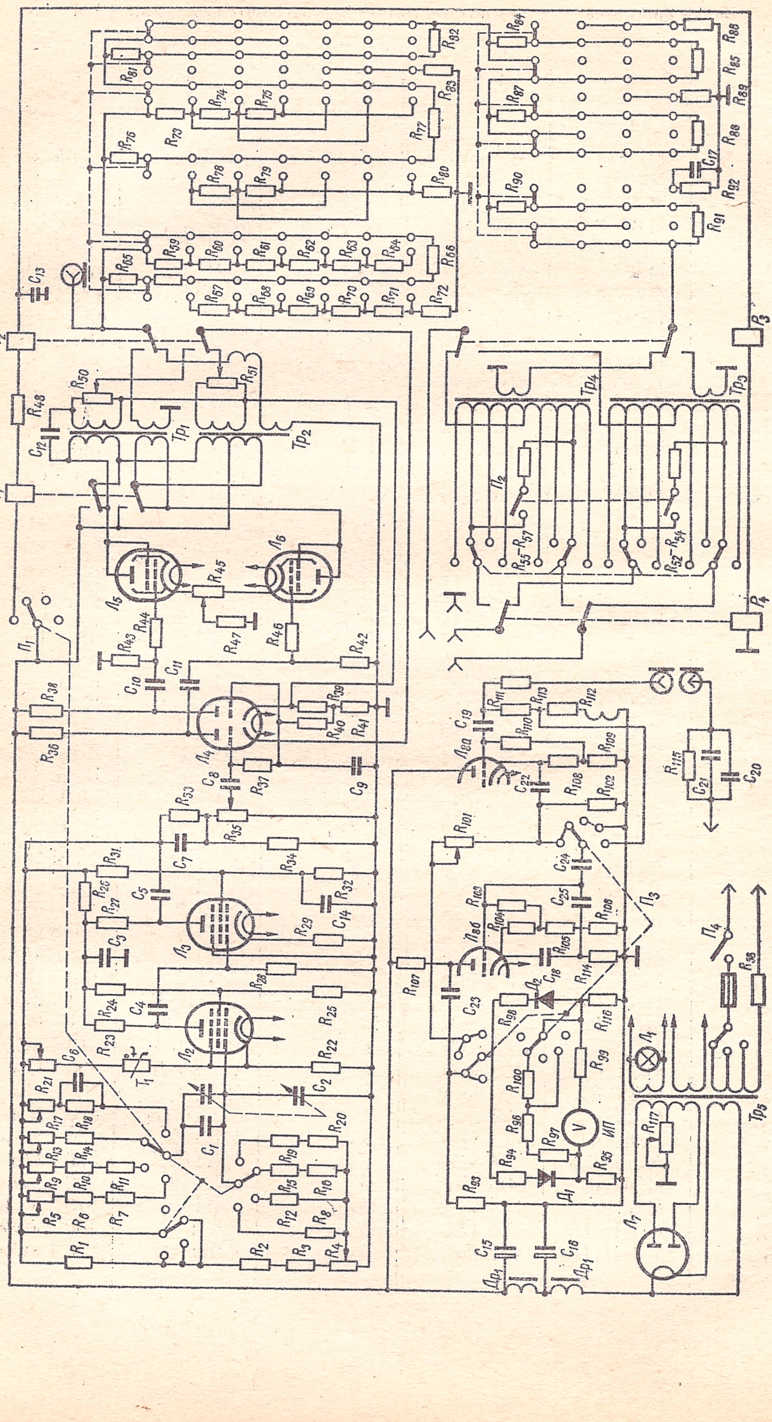

Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Л7
Л8а
Л8б
Тр1
Тр2
Тр3
Тр4
Тр5
П1
П2
П3
П4
Р1
Р2
Р3
Р4
Д1
Д2
Др1
ИП
V
Т1
R45
R50
R51
R52–R54
R55–R57
R101
R117
C1
C2
C13
C17
C20
C21

Рис. 169. Принципиальная схема прибора Г3-4.

86. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г3-4

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МЛТ-1	6,8 кОм	R_{52}—R_{57}	МЛТ-2	1,8 кОм
R_2	МЛТ-1	9,1 кОм	R_{58}	—	4 Ом
R_3	МЛТ-0,5	510 Ом	R_{59}	БИГ-1	73,2 Ом
R_4	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{60}	БИГ-1	82,2 Ом
R_5	СП-II-1Б	680 кОм	R_{61}	БИГ-1	92,4 Ом
R_6	МЛТ-1	6,8 МОм	R_{62}	БИГ-1	103,2 Ом
R_7	МЛТ-0,5	680 кОм	R_{63}	БИГ-1	115,4 Ом
R_8	БЛП	75 кОм	R_{64}	БИГ-1	130,2 Ом
R_9	СП-II-1Б	68 кОм	R_{65}, R_{66}	БИГ-1	601,5 Ом
R_{10}	МЛП	360 кОм	R_{67}	БИГ-1	2600 Ом
R_{11}	МЛП	390 кОм	R_{68}	БИГ-1	864 Ом
R_{12}	БЛП	75 кОм	R_{69}	БИГ-1	427 Ом
R_{13}	СП-II-1Б	6,8 кОм	R_{70}	БИГ-1	255 Ом
R_{14}	БЛП	75 кОм	R_{71}	БИГ-1	168 Ом
R_{15}	МЛП	390 кОм	R_{72}	БИГ-1	601,5 Ом
R_{16}	МЛП	360 кОм	R_{73}	БИГ-1	597 Ом
R_{17}	СП-II-1Б	680 Ом	R_{74}	БИГ-1	1,19 кОм
R_{18}	БЛП	7,5 кОм	R_{75}	БИГ-1	2,38 кОм
R_{19}	МЛТ-0,5	680 кОм	R_{76}, R_{77}	БИГ-1	601,5 Ом
R_{20}	МЛТ-1	6,8 МОм	R_{78}	БИГ-1	402 Ом
R_{21}	СП-II-1Б	4,7 кОм	R_{79}	БИГ-1	115,4Ом
R_{22}	МЛТ-0,5	1,5 кОм	R_{80}	БИГ-1	86,4 Ом
R_{23}	МЛТ-0,5	100 кОм	R_{81}, R_{82}	БИГ-1	466 Ом
R_{24}	МЛТ-1	100 Ом	R_{83}	БИГ-1	153,6 Ом
R_{25}	МЛТ-0,5	20 кОм	R_{84}, R_{85}	БИГ-1	491 Ом
R_{26}	МЛТ-2	3,3 кОм	R_{86}	БИГ-1	121,2 Ом
R_{27}	МЛТ-2	7,5 кОм	R_{87}, R_{88}	БИГ-1	491 Ом
R_{28}	МЛТ-0,5	510 кОм	R_{89}	БИГ-1	121,2 Ом
R_{29}	МЛТ-0,5	100 Ом	R_{90}, R_{91}	БИГ-1	491 Ом
R_{31}	МЛТ-2	56 кОм	R_{92}	БИГ-1	121,2 Ом
R_{32}	МЛТ-2	10 кОм	R_{93}	МЛТ-0,5	510 кОм
R_{33}	МЛТ-0,5	10 кОм	R_{94}	БЛП	6,8 кОм
R_{34}	МЛТ-0,5	20 кОм	R_{95}, R_{96}	БЛП	1 кОм
R_{35}	СП-II-1Б	22 кОм	R_{97}	ВС-0,25	51 Ом
R_{36}	МЛТ-1	20 кОм	R_{98}	БЛП	6,8 кОм
R_{37}	МЛТ-0,5	510 кОм	R_{99}	БЛП	1,8 кОм
R_{38}	МЛТ-1	20 кОм	R_{100}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_{39}	МЛТ-0,5	330 Ом	R_{101}	СП-II-1Б	4,7 кОм
R_{40}	МЛТ-0,5	160 кОм	R_{102}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{41}	МЛТ-1	3,6 кОм	R_{103}	МЛТ-0,5	510 кОм
R_{42}	МЛТ-0,5	100 кОм	R_{104}	МЛТ-0,5	390 Ом
R_{43}	МЛТ-0,5	200 кОм	R_{105}	МЛТ-0,5	360 Ом
R_{44}	МЛТ-0,5	24 кОм	R_{106}	СП-II-1Б	470 Ом
R_{45}	ПЭВ-10	75 Ом	R_{107}	МЛТ-2	30 кОм
R_{46}	МЛТ-0,5	24 кОм	R_{108}	МЛТ-0,5	510 Ом
R_{47}	ПЭВ-10	300 Ом	R_{109}	МЛТ-2	20 кОм
R_{48}	МЛТ-2	43 кОм	R_{110}	МЛТ-0,5	510 кОм
R_{50}	СП-II-1Б	470 Ом	R_{111}	БЛП	100 кОм
R_{51}	СП-II-1Б	470 Ом	R_{112}	БЛП	5,1 кОм

Продолжение табл. 86

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_{113}	МЛТ-0,5	100 Ом	C_{20}, C_{21}	КДК-1-М	7 пФ
R_{114}	МЛТ-0,5	5,1 кОм	C_{22}, C_{23}	МБГО-2	10 мкФ
R_{115}	УЛИ-0,25	630 кОм	C_{24}, C_{25}	МБГП-3	0,25 мкФ
R_{116}	БЛП	1 кОм	$Л_1$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{117}	ПЭВ	75 Ом	$Л_2$	6Ж8	—
C_1	КПК	—	$Л_3$	6П9	—
C_2	Блок ПК	—	$Л_4$	6Н1П	—
C_3	МБГО-2	10 мкФ	$Л_5$, $Л_6$	6П3С	—
C_4	МБГП-3	0,25 мкФ	$Л_7$	6Ц9С	—
C_5	МБГО-2	10 мкФ	$Л_8$	6Н1П	—
C_6	КДК-1-М	6 пФ	T_1	ТП-6/2	—
C_7	КТК-2б-М	51 пФ	$Д_1$, $Д_2$	ДГ-Ц4	—
C_8	МБГП-3	0,25 мкФ	$Тр_1$	ТВВТ-1	—
C_9	МБГО-2	10 мкФ	$Тр_2$	ТВТ-5	—
C_{10}, C_{11}		0,25 мкФ	$Тр_3$	СТВТ-1	—
C_{12}	КТК-1б-Д	47 пФ	$Тр_4$	СТТ-2	—
C_{13}—C_{16}	МБГО-2	10 мкФ	$Тр_5$	ТСТ-94	—
C_{17}	КСО-5	2200 пФ	*ИП*	Микроамперметр	—
C_{18}	КСО-2	360 пФ			
C_{19}	МБГП-3	0,25 мкФ			

или R_{55}—R_{57}) переключателем $П_2$, обозначенным на передней панели «внутр нагр.».

Вольтметр генератора представляет самостоятельный блок. Работает он на лампе $Л_8$ и двух германиевых диодах $Д_1$ и $Д_2$. Один триод используется в схеме катодного повторителя, другой — в схеме усилителя (работает при установке пределов вольтметра 15 и 30 В). Сигнал после усилителя или катодного повторителя поступает на мостовую схему с детекторами, в диагонали которой включен индикатор *ИП*. Вольтметр измеряет среднее значение напряжения. Шкала отградуирована в эффективных значениях.

Вольтметром можно измерять напряжение на симметричном выходе генератора, на входе аттенюаторов генератора и напряжение внешнего источника.

Выпрямитель работает на лампе $Л_7$ по схеме двухполупериодного выпрямителя.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г3-4 приведена в табл. 86.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 170). Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в соответствии установки переключателя силового трансформатора напряжению сети.
2. Переключатель сети поставить в положение «выкл.».
3. Подключить кабель питания к сети.
4. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться 30 мин, если требуется большая точность по частоте.

Установка частоты

Необходимую частоту устанавливают и изменяют плавно ручками установки частоты «гц» и «расстройка %» и ступенями в 10 раз — переключателем «множитель». Значение установленной частоты определяется умножением отсчета шкалы на показания ручки «множитель» (при нулевой расстройке).

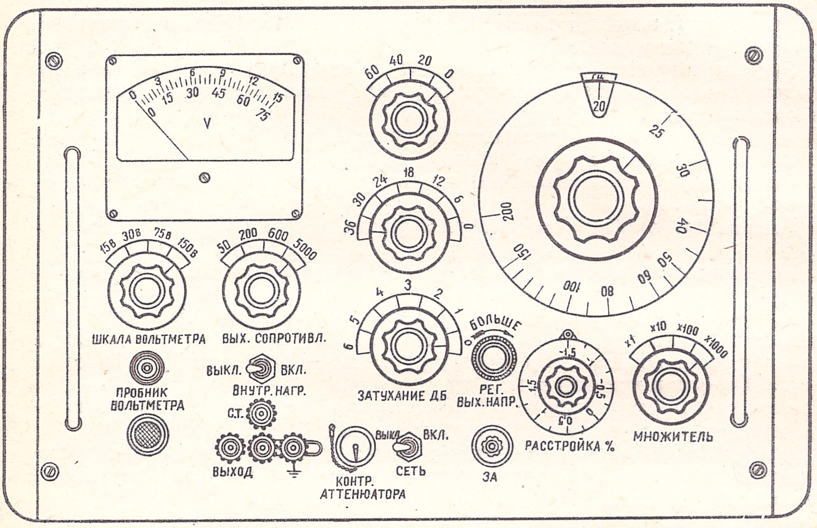

0 3 6 9 12 15
0 15 30 45 60 75
V
15в 30в 75в 150в
50 200 600 5000
ШКАЛА ВОЛЬТМЕТРА
ВЫХ. СОПРОТИВЛ.
ПРОБНИК ВОЛЬТМЕТРА
ВЫКЛ.
ВКЛ.
ВНУТР. НАГР.
СТ.
ВЫХОД
КОНТР. АТТЕНЮАТОРА
ВЫКЛ.
ВКЛ.
СЕТЬ
60 40 20 0
36 30 24 18 12 6 0
6 5 4 3 2 1 0
ЗАТУХАНИЕ ДБ
БОЛЬШЕ
0
РЕГ. ВЫХ.НАПР.
ЗА
1,5 -1,5 -1 -0,5 0 0,5 1
РАССТРОЙКА %
гц
20 25 30 40 50 60 80 100 150 200
x1 x10 x100 x1000
МНОЖИТЕЛЬ

Рис. 170. Вид передней панели прибора Г3-4.

Плавное изменение частоты в пределах 1,5% достигается при помощи ручки «расстройка %», показания которой указывают, на сколько процентов частота выходного сигнала отличается от частоты, определенной ранее.

Установка и регулировка выходного напряжения

Выходное напряжение генератора Г3-4 выводится через клеммы «выход». Выход генератора симметричный, со средней точкой (верхняя клемма) и с корпусом генератора не соединен. Правая из выходных клемм соединена с корпусом, имеет перекидную перемычку и может быть соединена с крайней или средней точкой выходного трансформатора.

Выходное напряжение может изменяться плавно ручкой «рег. вых. напр.» и ступенями выходных аттенюаторов на 6 дБ через 1 дБ; на 36 дБ через 6 дБ; на 60 дБ через 20 дБ (ручками «затухание дб»).

Величина выходного напряжения определяется по показаниям вольтметра с учетом ослабления выходного напряжения аттенюаторами.

Измерение напряжения

Выходное напряжение генератора можно измерять двумя способами: подключением пробника вольтметра к выходным клеммам и подключением пробника вольтметра к гнезду «контр. аттенюатора».

Первым способом напряжение можно измерять только при несимметричном выходе. При этом необходимо:

1. Подготовить генератор к работе.

2. Установить ручки выходных аттенюаторов на нулевое затухание.

3. Ручку регулировки выходного напряжения поставить в крайнее левое положение.

4. К выходным клеммам подключить нагрузку.

5. Подключить пробник вольтметра к фишке и к выходным клеммам (параллельно нагрузке).

6. Переключатель пределов вольтметра поставить в положение, соответствующее требуемому напряжению.

7. Ручками «рег. вых. напр.» и аттенюаторов установить требуемое выходное напряжение по показаниям вольтметра (с учетом установленного предела измерения вольтметра).

При втором способе измерения необходимо:

1. Подготовить генератор к работе.

2. Ручку регулировки выходного напряжения поставить в крайнее левое положение.

3. Подключить пробник вольтметра к фишке и к гнезду «контр. аттенюатора».

4. Переключатель пределов вольтметра установить в положение, соответствующее требуемому напряжению.

5. Ручкой «рег. вых. напр.» установить на выходе необходимое напряжение по показаниям вольтметра, которые будут соответствовать напряжению на выходных клеммах при подключении к генератору согласованной нагрузки сопротивлением 600 Ом и при нулевом затухании аттенюаторов.

При согласованных нагрузках 50, 200 и 5000 Ом показания прибора необходимо соответственно умножать на коэффициенты 0,289; 0,576; 2,89.

Примечание. Выход генератора согласуется с нагрузкой при установке переключателя выходного сопротивления в положение, соответствующее сопротивлению нагрузки.

При других сопротивлениях нагрузки показаниями вольтметра для определения выходного напряжения пользоваться нельзя.

Для определения выходного напряжения при работе с нагрузкой более 5000 Ом следует включать внутреннюю нагрузку переключателем «внутр. нагр.». Выходное напряжение определяется, как описывалось выше, в зависимости от положения переключателя «вых. сопротивл.».

При ослаблении выходного напряжения делителями величина выходного напряжения определяется, как описывалось выше, с учетом затухания по формуле

$$U_{\text{вых}} = U \cdot 10^{-\frac{A}{20}},$$

где U — показание вольтметра, В; A — сумма показаний ручек «затухание дБ».

Для измерения напряжения внешнего источника необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения переключателя силового трансформатора напряжению сети.

2. Переключатель сети поставить в положение «выкл.».

3. Подключить кабель питания к сети.

4. Включить питание прибора (при этом должна загореться сигнальная лампочка).

5. Установить предел измерения вольтметра в соответствии с величиной измеряемого напряжения.

6. Подключить пробник вольтметра к фишке и к исследуемой схеме.

Величину измеряемого напряжения определяют по показаниям прибора с учетом установленного предела измерения вольтметра.

Генератор сигналов Г3-8

Генератор сигналов метровых волн предназначен для регулировки радиотехнических установок, работающих в УКВ диапазоне.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот генератора 20—400 Мгц разбит на 6 поддиапазонов (см. рис. 173):

А	Б	В	Г	Д	Е
20—35	35—60	50—100	100—170	170—300	300—400

2. Выходное напряжение генератора на конце кабеля, нагруженного сопротивлением 75 Ом (равным волновому сопротивлению кабеля), регулируется в пределах от 0,4 мкВ до 5 мВ при использовании дополнительного делителя и от 4 мкВ до 50 мВ при работе без него.

Пределы измерения выходного напряжения можно расширить с помощью дополнительного аттенюатора.

3. Погрешность установки частоты не более ±1,5%.

4. Погрешность калибровки выходного напряжения при непрерывной генерации не более ±10% в диапазоне от 20 до 250 МГц и не более ±15% в диапазоне от 250 до 400 МГц.

5. Дополнительная погрешность установки выходного напряжения, вызванная переходом из режима непрерывной генерации в импульсный режим, не более ±20%.

6. Генератор может работать в режиме:

непрерывной генерации;

модулированных колебаний с модуляцией от внутреннего генератора синусоидального напряжения частоты 1000 Гц ± 10% при глубине модуляции до 30%;

импульсно-модулированных колебаний с модуляцией от внутреннего генератора с частотой следования 1000 ± 200 Гц при длительности импульсов 2 ± 1 мкс;

импульсно-модулированных колебаний с модуляцией от внешнего генератора импульсами с частотой следования от 2000 до 3000 Гц при длительности импульсов от 4 до 20 мкс с амплитудой от 50 до 100 В.

7. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 127, 220 В ± 10%. Потребляемая мощность не более 300 Вт.

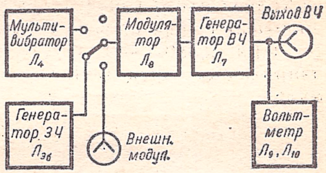


Рис. 171. Структурная схема прибора Г3-8.

Схема прибора

Структурная схема прибора (рис. 171) состоит из генератора высокой частоты, вольтметра, модулятора, мультивибратора и генератора звуковой частоты, выпрямителя со стабилизаторами. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 172.

Генератор ВЧ работает на лампе $Л_7$ по схеме генератора с самовозбуждением. Колебательный контур генератора состоит из конденсатора переменной емкости C_{32} и шести сменных катушек индуктивности L_1—L_6. Ручка конденсатора переменной емкости (установка частоты) и переключатель поддиапазонов выведены на переднюю панель прибора.

Выходное напряжение устанавливается изменением напряжения анодного питания генератора, снимаемого с потенциометра R_{20}, ручка которого на передней панели обозначена «несущая».

Выходное напряжение плавно регулируется емкостным аттенюатором, представляющим собой дифференциальный конденсатор C_{45}, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «уст. выхода».

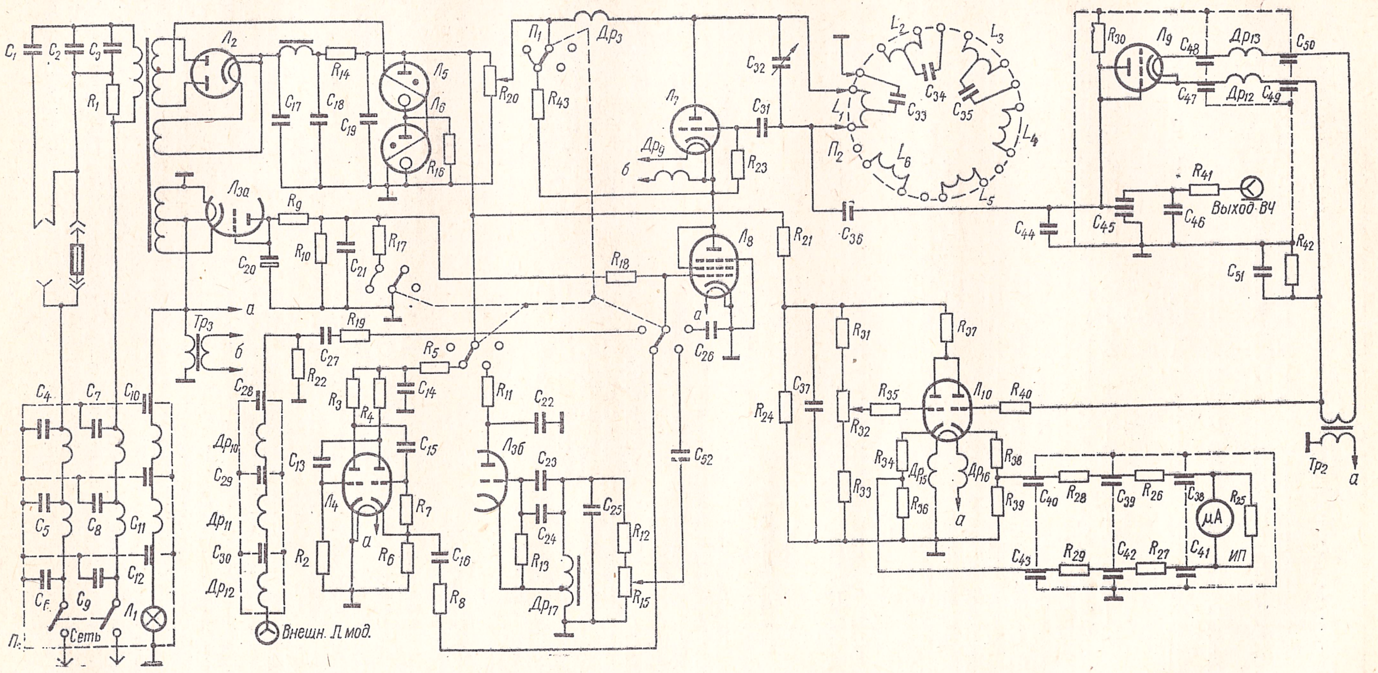

C1
C2
C3
R1
Л2
R14
C17
C18
C19
Л5
Л6
R16
R20
П1
Др3
R43
C32
Л7
C31
Др9
б
R23
L1
L2
L3
L4
L5
L6
C33
C34
C35
П2
C36
Л9
R30
C48
C47
Др13
Др12
C50
C49
R41
Выход ВЧ
C44
C45
C46
R42
C51
Л3а
R9
C20
R10
C21
R17
R18
Л8
R21
a
C26
Тр3
б
R19
C27
R22
R5
C14
R3
R4
C15
C13
Л4
R7
R2
R6
C16
R8
R11
C22
Л3б
C23
C24
C25
R13
R12
Др17
R15
C52
C28
Др10
C29
Др11
C30
Др12
Внешн. Л мод.
C4
C7
C10
C5
C8
C11
C12
Cf.
C9
Л1
Сеть
П
R24
C37
R31
R32
R33
R35
R37
Л10
R40
R34
R36
Др15
Др16
R38
R39
C40
R28
C39
R26
C38
μA
R25
ИП
C43
R29
C42
R27
C41
Тр2
a

Рис. 172. Принципиальная схема прибора Г3-8.

87. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа ГЗ-8

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,5	200 Ом	R_{43}	ВС-2	6,8 кОм
R_2, R_3	ВС-0,5	10 кОм	C_1	БМ-П8	2 мкФ
R_4	ВС-0,5	5,1 кОм	C_2, C_3	БМ-П10	4 мкФ
R_5	ВС-1	10 кОм	C_4—C_9	КСО-2	820 пФ
R_6	ВС-0,5	3 кОм	C_{10}—C_{12}	КТП-6-Д	300 пФ
R_7	ВС-0,5	1,2 МОм	C_{13}	КСО-1	91 пФ
R_8	ВС-0,5	1 кОм	C_{14}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_9	ВС-0,5	75 кОм	C_{15}	КСО-5	7500 пФ
R_{10}	ВС-0,5	100 кОм	C_{16}	КБГ-И	0,01 мкФ
R_{11}	ВС-2	68 кОм	C_{17}—C_{19}	КБГ-МН-2В	4 мкФ
R_{12}	ВС-0,5	200 кОм	C_{20}	КЭГ-1-В	50 мкФ
R_{13}	ВС-0,5	91 кОм	C_{21}, C_{22}	КБГ-МП-2В	0,5 мкФ
R_{14}	ПО-20	1 кОм	C_{23}	КСО-5	7500 пФ
R_{15}	Проволочный	50 кОм	C_{24}	КБГ-И	0,01 мкФ
R_{16}	ВС-0,5	200 кОм	C_{25}	КБГ-И	0,02 мкФ
R_{17}	ВС-0,5	9,1 кОм	C_{26}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{18}	ВС-0,5	68 кОм	C_{27}	КБГ-И	0,01 мкФ
R_{19}	ВС-0,5	1 кОм	C_{28}—C_{30}	КТП-6-Д	100 пФ
R_{20}	Проволочный	50 кОм	C_{31}, C_{32}	Специальный	—
R_{21}	ВС-2	30 кОм	C_{33}—C_{35}	КСО-1	56 пФ
R_{22}	ВС-0,5	300 Ом	C_{36}	Специальный	—
R_{23}	ВС-0,25	20 кОм	C_{37}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{24}	ВС-1	15 кОм	C_{38}—C_{43}	КТП-6-Д	300 пФ
R_{25}	ВС-0,25	5,1 кОм	C_{44}, C_{45}	Конструктивный	—
R_{26}—R_{29}	ВС-0,5	2,2 кОм			
R_{30}	ВС-0,5	1,5 кОм	C_{46}	»	—
R_{31}	ВС-0,5	1,5 МОм	C_{47}—C_{50}	КТП-6-Д	100 пФ
R_{32}	Проволочный	20 кОм	C_{51}	КСО-5	7500 пФ
R_{33}	ВС-0,5	10 кОм	C_{52}	КСО-5	10000 пФ
R_{34}	ВС-0,25	3 кОм	$Л_1$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{35}	ВС-0,5	5,1 кОм	$Л_2$	6Ц5С	—
R_{36}	ВС-0,5	51 кОм	$Л_3$, $Л_4$	6Н8С	—
R_{37}	ВС-0,25	1,5 кОм	$Л_5$, $Л_6$	СГ4С	—
R_{38}	ВС-0,5	3 кОм	$Л_7$	12С3С	—
R_{39}	ВС-0,5	51 кОм	$Л_8$	6П9	—
R_{40}	ВС-0,5	5,1 кОм	$Л_9$	12С3С	—
R_{41}	УНУ	75 Ом	$Л_{10}$	6Н8С	—
R_{42}	Специальный	100 МОм	*ИП*	Микроамперметр	—

Выходное напряжение генератора измеряется ламповым вольтметром, схема которого состоит из детектора $Л_9$ и мостовой схемы. Два плеча моста образованы сопротивлениями R_{39} и R_{36}, два других — сопротивлениями триодов лампы $Л_{10}$ постоянному току вместе с сопротивлениями R_{34} и R_{38}. В измерительную диагональ моста включен микроамперметр *ИП* с дополнительными сопротивлениями R_{26}—R_{29}, образующими вместе с конденсаторами C_{38}—C_{43} фильтр. Питается мост от общего выпрямителя и балансируется изменением напряжения на сетке лампы $Л_{10}$, снимаемого с делителя напряжения R_{31}—R_{33}. Ручка потенциометра R_{32} на передней панели обозначена «уст. нуля». Измеряемое напряжение со входа аттенюатора подается на анод детектора $Л_9$, работающего по схеме амплитудного детектирования. Напряжение с нагрузки детектора (R_{42}) подается на сетку лампы $Л_{10б}$ и вызывает отклонение стрелки микроамперметра.

Модулятор работает на лампе $Л_8$, включенной между катодом генераторной лампы и минусовой клеммой источника питания. При таком включении анодное напряжение распределяется между включенными последовательно генераторной и модулирующей лампами пропорционально их сопротивлению постоянному току. Сопротивление постоянному току модулирующей лампы изменяется с изменением величины напряжения, подаваемого на управляющую сетку.

Источником модулирующего синусоидального напряжения частоты 1000 Гц является генератор с самовозбуждением, работающий на лампе $Л_{3б}$. Глубина модуляции зависит от величины модулирующего напряжения, подаваемого на сетку модулятора с потенциометра R_{15}, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «модуляция». 30%-ная глубина модуляции устанавливается по показаниям выходного лампового вольтметра. Источником модулирующих импульсов является мультивибратор, работающий на лампе $Л_4$. При импульсной модуляции на сетку лампы $Л_8$ подается дополнительное отрицательное смещение, получаемое от отдельного выпрямителя, работающего на лампе $Л_{3а}$. Это напряжение запирает лампу $Л_8$.

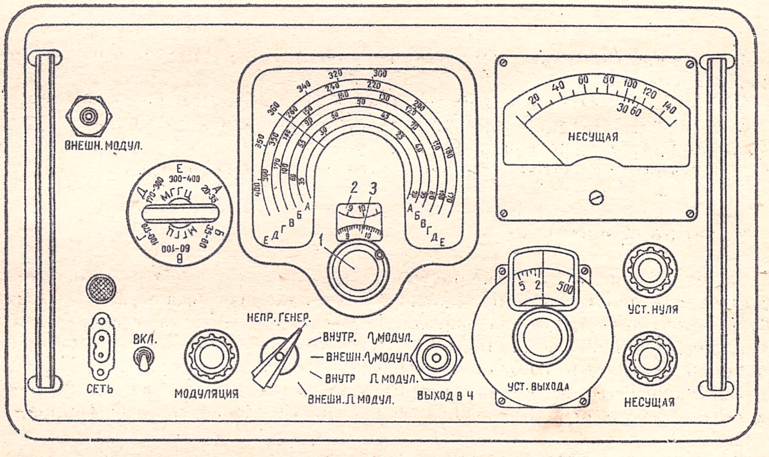

ВНЕШН. МОДУЛ.
Е
300-400
Д
170-300
МГГЦ
А
20-35
Г
100-170
МГГЦ
Б
35-60
В
60-100
СЕТЬ
ВКЛ.
МОДУЛЯЦИЯ
НЕПР. ГЕНЕР.
ВНУТР. ∿ МОДУЛ.
ВНЕШН. ∿ МОДУЛ.
ВНУТР ⎍ МОДУЛ.
ВНЕШН. ⎍ МОДУЛ.
ВЫХОД В Ч
1
2
3
А Б В Г Д Е
А Б В Г Д Е
НЕСУЩАЯ
20 40 60 80 100 120 140
30 60
5 2 500
УСТ. ВЫХОДА
УСТ. НУЛЯ
НЕСУЩАЯ

Рис. 173. Вид передней панели прибора Г3-8.

Выпрямитель работает на лампе $Л_2$ по схеме двухполупериодного выпрямителя. Напряжение стабилизируется феррорезонансным стабилизатором в первичной цепи силового трансформатора и ионными стабилизаторами на лампах $Л_5$ и $Л_6$ в цепи выпрямленного напряжения.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г3-8 приведена в табл. 87.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления генератором выведены на переднюю панель (рис. 173). Предохранитель-переключатель питающего напряжения «127—220 в» находится на задней стенке прибора под крышкой. В комплект прибора входит выходной кабель, дополнительный аттенюатор (рис. 174, *а*), нагрузочное сопротивление (рис. 174, *б*) и переходник (рис. 174, *в*), включаемые в линию передачи генератор — нагрузка.

Перед включением прибора необходимо убедиться в соответствии положения предохранителя-переключателя напряжению сети.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Установить переключатель сети в положение выключено.
2. Подключить кабель питания к колодке «сеть» и к сети.

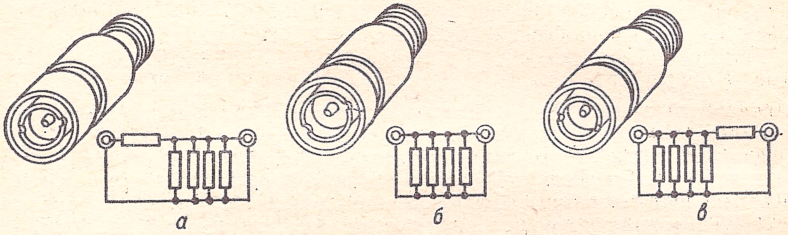


Рис. 174. Вид и принципиальная схема:
а — дополнительного аттенюатора; *б* — нагрузочного сопротивления; *в* — переходника.

3. Установить ручки «уст. выхода», «несущая» и «модуляция» в крайнее левое положение.
4. Соединить выходным кабелем генератор с объектом исследования.
5. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 15 мин.
6. Ручкой «уст. нуля» установить стрелку прибора на нуль.

Установка частоты

Необходимая частота генератора устанавливается ручкой *1* настройки по шкале частот, переключатель диапазонов устанавливается в положение, соответствующее букве — указателю шкалы. Более плавно частота изменяется и устанавливается ручкой *1* по шкалам *2* и *3*. Для точного значения частоты (невыгравированное на шкале) необходимо определить цену деления шкалы *3*, т. е. необходимо определить, на сколько делений поворачивается шкала *3* при прохождении указателем частоты интервала между двумя соседними выгравированными рисками.

Цена деления определяется по формуле

$$\alpha = \frac{f_2 - f_1}{n},$$

где $f_2 - f_1$ — частотный интервал между двумя рисками; n — число делений этих шкал при двух положениях указателя частоты.

Пример. При установке частоты 150 МГц показания шкал *2* и *3* соответствуют 270, а при установке частоты 152 МГц показания шкал *2* и *3* соответствуют 250. Тогда цена деления

$$\alpha = \frac{f_2 - f_1}{n} = \frac{152 - 150}{270 - 250} = 0{,}1 \text{ МГц/дел.}$$

Таким образом, для установки шкалы 151 МГц необходимо установить указатель частоты между рисками 150 и 152 МГц, а показания шкал *2* и *3* — 260.

Установка и регулировка выходного напряжения

Выходное напряжение генератора Г3-8 выводится через переходное гнездо «выход ВЧ» кабелем, входящим в комплект генератора, и регулируется ручкой «уст. выхода» после установки стрелки прибора ручкой «несущая» против красной риски шкалы. Величина выходного напряжения отсчитывается по шкале ручки прибора «уст. выхода» непосредственно в микровольтах или в милливольтах.

Следует иметь в виду, что градуировка лимба аттенюатора верна для работы генератора на согласованную нагрузку 75 Ом на конце выходного кабеля. При работе на нагрузку, во много раз превышающую 75 Ом, для получения правильных показаний следует нагрузочное сопротивление 75 Ом, входящее в комплект генератора, включить между выходным кабелем и нагрузкой.

При необходимости дополнительно ослабить выходное напряжение между выходным кабелем и нагрузкой включается дополнительный аттенюатор, входящий в комплект генератора. Дополнительный аттенюатор уменьшает выходное напряжение, отсчитываемое по шкале «уст. выхода», на частоте 40 МГц в 10 раз.

Погрешность коэффициента деления дополнительного делителя не более ±20% (точное значение приводится в формуляре).

При работе на согласованную нагрузку дополнительный аттенюатор включается совместно с 75-омной нагрузкой.

Установка коэффициента глубины модуляции

В генератор метровых волн (ГМВ) при работе синусоидально-модулированными колебаниями возможна установка только 30%-ной глубины модуляции. Для такой установки необходимо ручкой «несущая» установить стрелку прибора против красной риски шкалы, а ручкой «модуляция» — против риски шкалы, отмеченной индексом «30%».

Работа с прибором

Для работы в режиме непрерывной генерации необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить переключатель рода работы в положение «непр. генер.» (непрерывная генерация).
3. Установить заданную частоту генератора.
4. Установить необходимое выходное напряжение.

Для работы синусоидально-модулированными колебаниями необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить переключатель рода работы в положение «внутр. модул.».
3. Установить необходимую частоту генератора.
4. Установить необходимое входное напряжение.
5. Установить 30%-ную глубину модуляции.

Для работы импульсно-модулированными колебаниями с модуляцией от внутреннего генератора необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить переключатель рода работы в положение «внутр. модул.»
3. Установить необходимую частоту генератора.
4. Установить необходимое выходное напряжение.

Для работы импульсно-модулированными колебаниями с модуляцией от внешнего источника импульсов необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Подключить с помощью кабеля источник модулирующих импульсов к фишке «внешн. модул.».
3. Установить переключатель рода работы в положение «внешн. модул.».
4. Установить заданную частоту генератора.
5. Установить необходимое выходное напряжение.

Генератор сигналов Г3-11

Предназначен для получения незатухающих и импульсно-модулированных колебаний трехсантиметрового диапазона.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот генератора 8600—9600 МГц. Практически его можно расширить до диапазона частот применяемого клистрона.

2. Стабильность частоты ± 1 МГц.

3. Максимальная выходная мощность не менее 7 мВт (зависит от применяемого клистрона).

4. Генератор может работать в режимах:

непрерывной генерации;

модуляции прямоугольными колебаниями от внутреннего генератора с частотой 1000 Гц ± 10%;

модуляции внешними импульсами длительностью от 0,5 до 10 мкс с частотой повторения от 200 до 10 000 Гц и амплитудой 25—30 В;

частотной модуляции синусоидальными колебаниями частотой 50—20 000 Гц.

5. Выход генератора — волновод сечением 10×23 мм.

6. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 и 400 Гц напряжением 110, 115, 127, 220 В ± 10%.

7. Габаритные размеры блока питания 383×319×215 мм, высокочастотного блока 324×181×222 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема генератора Г3-11 (рис. 175) состоит из высокочастотного генератора с выходным волноводом и аттенюатором, направленного ответвителя с детектором, частотомера, манипулятора и стабилизированного выпрямителя.

Высокочастотный генератор работает на клистроне $Л_9$. Частота генератора изменяется при механическом изменении геометрических размеров резонатора. Ручка этого регулятора выведена на переднюю панель высокочастотного блока (рис. 177) и обозначена «установка частоты».

Максимальная величина высокочастотной мощности, отдаваемой генератором в волновод, устанавливается изменением напряжения на отражателе и настройкой волноводного тракта. Напряжение на отражателе изменяется потенциометром R_5, ручка которого выведена на переднюю панель блока питания (рис. 178, *а*) и обозначена «напряжен. отражат.». Волноводный тракт настраивается перемещением поршня в волноводе. Ручка этой регулировки выведена на переднюю панель высокочастотного блока (рис. 177) и обозначена «настройка генератора».

Величина высокочастотной мощности, отдаваемой клистронным генератором в волновод, изменяется изменением степени погружения высокочастотного вывода клистрона в волновод. Ручка этой регулировки выведена на переднюю панель и обозначена «мощность».

Величина выходной мощности регулируется переменным аттенюатором, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «аттенюатор».

Из волновода часть высокочастотной мощности через направленный ответвитель поступает на детектор измерителя мощности. Величина отбираемой мощности регистрируется микроамперметром $ИП_1$, измеряющим ток детектора. Переменным сопротивлением R_{25} изменяется чувствительность индикатора мощности. Ручка переменного сопротивления R_{25} выведена на переднюю панель (под шлиц) и обозначена «шунт».

Детекторная секция согласуется с волноводом перемещением поршня в волноводе детекторной секции. Ручка этой регулировки выведена на переднюю панель с обозначением «настр. детектор».

Для измерения частоты в генераторе Г3-11 применен полукоаксиальный частотомер, настраиваемый в резонанс с измеряемой частотой изменением длины центрального проводника резонансной камеры частотомера при помощи ручки, выведенной на переднюю панель и обозначенной «волномер». При резонансе эквивалентное сопротивление частотомера резко уменьшается и сильно шунтирует волновод. При этом показания прибора индикатора мощности $ИП_1$ падают.

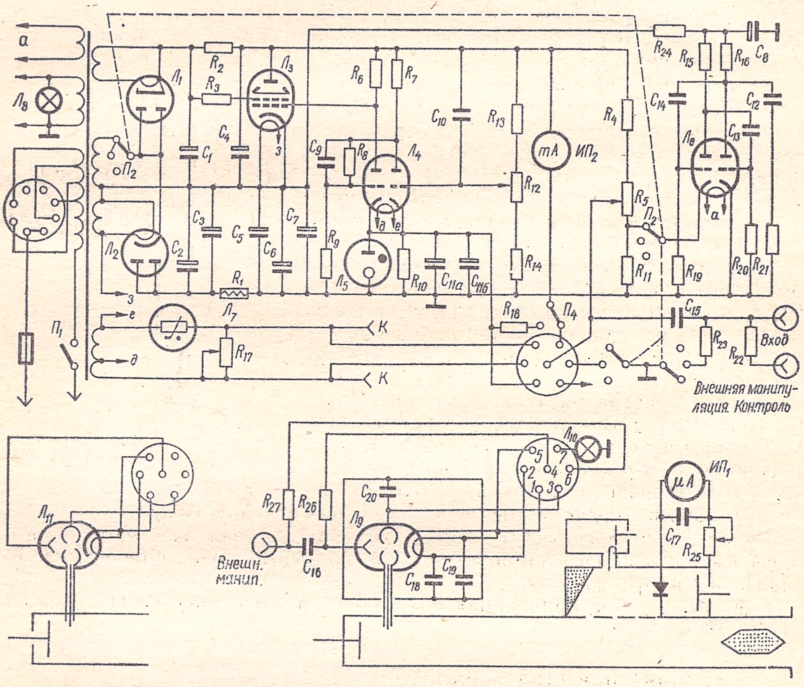

а
$Л_8$
$Л_1$
R_2
R_3
$Л_3$
C_4
C_1
$П_2$
$Л_2$
C_2
C_3
C_5
C_6
C_7
R_1
з
R_6
R_7
C_9
R_8
$Л_4$
R_9
$Л_5$
д
е
R_{10}
$C_{11а}$
$C_{11б}$
C_{10}
R_{13}
R_{12}
R_{14}
mA
$ИП_2$
R_4
R_5
$П_2$
R_{11}
R_{24}
R_{15}
R_{16}
C_8
C_{14}
C_{12}
C_{13}
$Л_6$
а
R_{19}
R_{20}
R_{21}
C_{15}
R_{23}
R_{22}
Вход
R_{18}
$П_4$
$П_1$
е
д
$Л_7$
R_{17}
К
К
Внешняя манипуляция. Контроль
$Л_{11}$
$Л_{10}$
5 7 2 4 6 1 3
R_{27}
R_{26}
C_{20}
$Л_9$
C_{16}
C_{19}
C_{18}
Внешн. манип.
μA
$ИП_1$
C_{17}
R_{25}

Рис. 175. Принципиальная схема прибора Г3-11.

Измеряемая частота сигнала находится по таблице на передней панели или по графикам в соответствии с показаниями лимбов частотомера. Связан частотомер с волноводом при помощи штыря, опущенного в волновод.

Импульсная манипуляция высокочастотного сигнала при внутренней модуляции осуществляется от мультивибратора, работающего на лампе $Л_6$. Модулирующее напряжение снимается с сопротивления R_{11} при установке переключателя рода работы $П_2$ в положение «манип.» (рис. 178, *а*) и подается на отражатель клистрона. При других положениях переключателя мультивибратор не работает.

Частота колебаний мультивибратора определяется постоянными времени цепей C_{14}, R_{19} и C_{13}, R_{20}. Цепь C_{12}, R_{21} служит для корректировки формы импульсов.

При внешней модуляции напряжение управляющего сигнала воздействует на отражатель клистрона через конденсатор C_{15}. Подводится модулирующее напряжение через гнездо на передней панели блока питания, обозначенное «внешняя манипуляц.— вход». Это же напряжение через делитель R_{22}, R_{23} подается на гнездо «внешняя манипуляц.— контроль». При длительности модулирующих импульсов меньше 2 мкс модулирующее напряжение следует подавать на генератор через гнездо «внешняя манипуляция», выведенное на левой боковой стенке высокочастотного блока.

Когда клистронный генератор должен соединяться с подвижными частями, применяется облегченная генераторная секция, принципиальная схема которой приведена также на рис. 175. Она представляет собой отрезок волновода с согласующим поршнем. Генератором высокочастотных колебаний служит клистрон $Л_{11}$, высокочастотный вывод которого выводится в волновод. Мощность, отдаваемая генератором в волновод, изменяется при изменении погружения зонда клистрона в волновод. Вид облегченной секции приведен на рис. 176. Питается секция от блока питания через семижильный кабель.

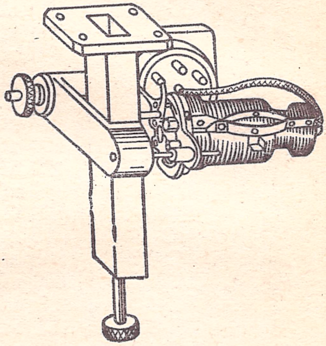


Рис. 176. Вид облегченной секции прибора Г3-11.

Выпрямитель прибора Г3-11 работает на лампах $Л_1$ и $Л_2$ по схеме удвоения напряжения. Выпрямленное напряжение стабилизируется электронным стабилизатором, работающим на лампах $Л_3$, $Л_4$ и $Л_5$.

Напряжение стабилизации устанавливается потенциометром R_{12}, ручка которого выведена на заднюю панель блока питания (рис. 178, *б*) и обозначена «ток клист.». Ток клистрона устанавливается по показаниям миллиамперметра $ИП_2$. При регулировке вместо клистрона может быть включен его эквивалент при помощи переключателя $П_4$, выведенного на переднюю панель блока питания.

В схеме прибора предусмотрена стабилизация накала клистрона при помощи бареттера $Л_7$. Необходимое напряжение накала клистрона устанавливается переменным сопротивлением R_{17}. Для контроля напряжения накала клистрона в схеме прибора имеются гнезда для подключения вольтметра.

Ручка сопротивления R_{17} и гнезда для подключения вольтметра выведены на заднюю панель блока питания (рис. 178, *б*) и обозначены соответственно «рег. накала» и «контр. накала».

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г3-11 приведена в табл. 88.

Подготовка прибора к работе

Комплект прибора состоит из высокочастотного блока, блока питания, облегченной генераторной секции, семижильного кабеля питания, соединительных волноводов и кабелей.

Элементы управления прибором выведены на панели соответствующих блоков (рис. 177, 178, *а*, *б*).

Для подготовки прибора к работе необходимо соединить семижильным кабелем блок питания с высокочастотным блоком или облегченной генераторной секцией. Рабочее положение высокочастотного блока горизонтальное, блока питания — вертикальное.

Перед включением прибора необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения переключателя напряжения силового трансформатора (рис. 178, *б*) напряжению сети.

2. На блоке питания (рис. 178, *а*) установить: ручку переключателя рода работы в положение «выкл.»; переключатель сети в положение «выкл.»; переключатель «клистрон — эквив. клистр.» в положение «эквив. клистр.».

3. Соединить кабелем питания прибор с сетью.

4. Включить питание, при этом должна загореться индикаторная лампочка

88. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г3-11

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-2	1 кОм	R_{25}	Омега А-2	10 кОм
R_2	ПО-20	5 кОм	R_{26}	ВС-1	3,3 кОм
R_3	ВС-2	18 кОм	R_{27}	ВС-1	1 кОм
R_4	ВС-1	220 кОм	C_1—C_8	КЭ-2-М	20 мкФ
R_5	Омега А-2	47 кОм	C_9	КБГ-МП-2Н	0,1 мкФ
R_6	ВС-0,5	200 кОм	C_{10}	КБГ-МП-2Н	0,5 мкФ
R_7	ВС-0,5	100 кОм	$C_{11а}$, $C_{11б}$	КБГ-МП-2Н	20 мкФ
R_8	ВС-0,5	330 кОм	C_{12}	КСО-5В	10 000 пФ
R_9	ВС-0,5	360 кОм	C_{13}, C_{14}	КСО-5В	1000 пФ
R_{10}	ВС-2	22 кОм	C_{15}	КБГ-И	0,05 мкФ
R_{11}	ВС-1	2,2 кОм	C_{17}	КБГ-М2	0,1 мкФ
R_{12}	Омега А-2	47 кОм	C_{18}, C_{19}	КСО-2Б	510 пФ
R_{13}	ВС-1	270 кОм	C_{20}	КСО-2Б	100 пФ
R_{14}	ВС-0,5	120 кОм	$Л_1$	5Ц4С	—
R_{15}, R_{16}	ВС-1	1 кОм	$Л_2$	6Ц5С	—
R_{17}	РПО-25	50 Ом	$Л_3$	6П3С	—
R_{18}	ПО-10	15 кОм	$Л_4$	6Н9С	—
R_{19}	ВС-0,5	200 кОм	$Л_5$	СГ4С	—
R_{20}	ВС-0,5	680 кОм	$Л_6$	6Н8С	—
R_{21}	ВС-1	4,7 кОм	$Л_7$	0,85Б-5, 5-12	—
R_{22}	ВС-0,5	3,3 кОм	$Л_8$, $Л_{10}$	МН-16	13,5 В; 0,18 А
R_{23}	ВС-1	1 кОм	$Л_9$, $Л_{11}$	Клистрон	
R_{24}	ВС-1	6,2 кОм			

на блоке питания и лампочка подсвечивания шкалы волномера на высокочастотном блоке.

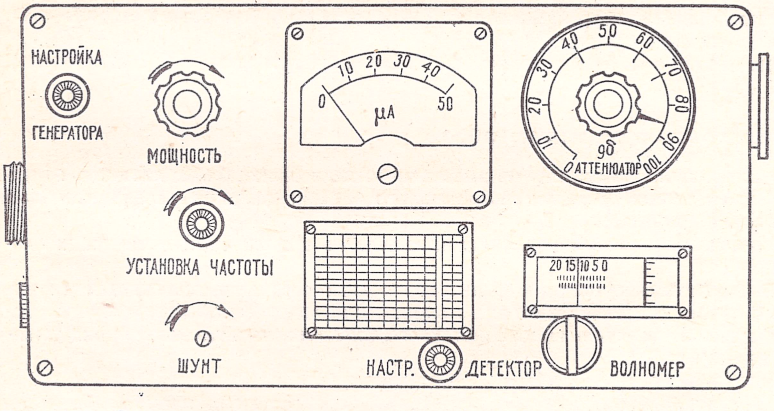
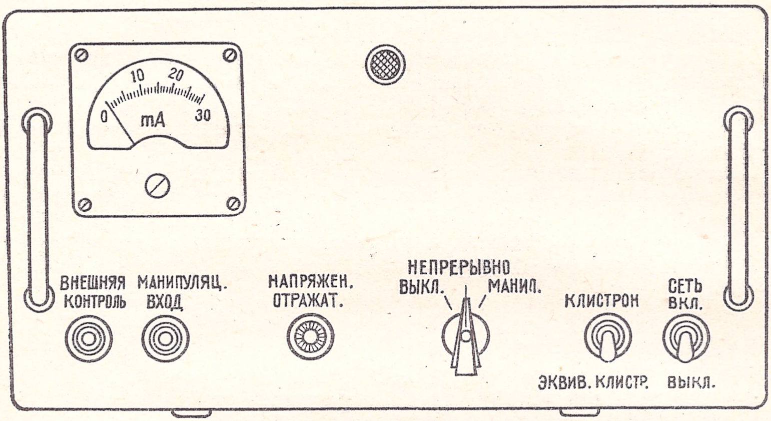

НАСТРОЙКА
ГЕНЕРАТОРА
МОЩНОСТЬ
УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ
ШУНТ
0
10
20
30
40
50
μA
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
дб
АТТЕНЮАТОР
20 15 10 5 0
НАСТР.
ДЕТЕКТОР
ВОЛНОМЕР

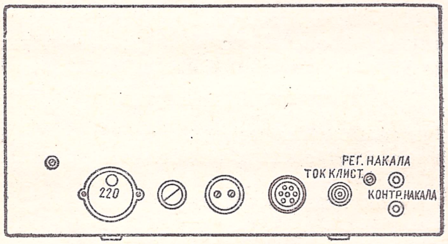
Рис. 177. Вид передней панели высокочастотного блока прибора Г3-11.

5. На высокочастотном блоке (рис. 177): ручку аттенюатора установить на максимальное затухание; ручкой «мощность» установить максимальную связь, поворачивая ее по часовой стрелке; к выходному фланцу подключить исследуемый объект непосредственно или при помощи вспомогательных элементов.

6. Проверить и установить необходимое напряжение накала. Для этого к гнездам «контр. накала» подключить вольтметр с внутренним сопротивлением не менее 200 Ом на 1 В. При необходимости регулировку производят при помощи отвертки, проворотом ручки сопротивления «рег. накала» (рис. 178, *б*).


10
20
0
mA
30
ВНЕШНЯЯ КОНТРОЛЬ
МАНИПУЛЯЦ. ВХОД
НАПРЯЖЕН. ОТРАЖАТ.
НЕПРЕРЫВНО
ВЫКЛ.
МАНИП.
КЛИСТРОН
СЕТЬ ВКЛ.
ЭКВИВ. КЛИСТР.
ВЫКЛ.

а


РЕГ. НАКАЛА
ТОК КЛИСТ.
КОНТР. НАКАЛА
220

б

Рис. 178. Вид панелей блока питания прибора Г3-11:
а — передней; *б* — задней.

7. Включить анодное напряжение клистрона, переведя переключатель в положение «непрерывно». При этом миллиамперметр должен показать ток, равный 22—25 мА. При необходимости регулировки тока клистрона следует, отпустив стопорную гайку ручки потенциометра «ток клист.», поворачивать ее отверткой до получения указанных выше значений тока.

8. Перевести переключатель «клистрон—эквив. клистр.» в положение «клистрон».

9. Ручкой «напряжен. отражат.» добиться максимальных показаний микроамперметра.

10. Ручкой «настройка генератора» добиться максимальных показаний микроамперметра.

Установка частоты

Частоту высокочастотного генератора устанавливают после подготовки прибора к работе в режиме непрерывных колебаний.

Для установки заданной частоты необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Измерить установленную частоту колебаний; для этого, вращая ручку «волномер», добиться минимальных показаний микроамперметра.

3. По показаниям шкалы и по графику определить частоту сигнала. Если измеренная частота сигнала отличается от требуемой частоты, необходимо подстроить клистронный генератор ручками «установка частоты» и «напряжен. отражат.».

Для подстройки клистронного генератора следует:

1. Повернуть ручку «установка частоты», имея в виду, что при вращении ее против часовой стрелки уменьшается частота и что полный оборот изменяет частоту приблизительно на 50—100 МГц.

2. Ручкой «напряж. отражат.» добиться максимальных показаний микроамперметра.

Подстраивать генератор необходимо до совпадения частоты генератора с требуемой частотой. После установки требуемой частоты расстроить волномер, повернув его ручку на 1—2 оборота.

Примечание. Если стрелка микроамперметра уходит за шкалу, то вращением ручки «шунт» уменьшить показания до требуемой величины (30—40 мкА).

Работа с прибором

Для работы в режиме внутренней манипуляции необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить требуемую частоту.
3. Переключатель рода работы перевести в положение «манип.».

Примечание. В генераторах с близко расположенными зонами генерации возможно возникновение паразитной волны. Простой метод обнаружения ее — наблюдение формы при помощи детекторной секции и осциллографа. При этом на экране осциллографа будут заметны искажения формы прямоугольных импульсов.

Для устранения паразитной волны необходимо несколько изменить положение ручки «установка частоты» и ручкой «напряжен. отражат.» настроиться на требуемую волну.

Для работы в режиме внешней манипуляции необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить требуемую частоту.
3. Ручкой «напряжен. отражат.» довести показания микроамперметра до нуля. При работе с положительными импульсами ручку «напряжен. отражат.» вращать по часовой стрелке, при работе с отрицательными импульсами— против часовой стрелки.
4. Подключить выход генератора манипулирующих импульсов коаксиальным кабелем к гнезду «внешняя манипуляц.».

Примечание. Импульсы с длительностью более 2 мкс могут подаваться на гнездо «внешняя манипуляц.— вход». При использовании облегченной секции и импульсах короче 2 мкс рекомендуется подавать их непосредственно на отражательный электрод клистрона через конденсатор емкостью 1000—5000 пФ.

5. Включить генератор импульсов и установить амплитуду манипулирующих импульсов (около 24 В) по максимальным показаниям микроамперметра.

Для получения частотно-модулированных колебаний необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Модулирующее напряжение подать на гнездо «внешняя манипуляц.— вход».
3. Установить амплитуду модулирующего напряжения 1—10 В, имея в виду, что одному вольту соответствует качание частоты около 3 МГц.

Примечание. Для уменьшения паразитной амплитудной модуляции рекомендуется устанавливать модулирующее напряжение не более 2—3 В.

Пользование аттенюатором

Для устойчивой работы клистрона необходимо установить определенное затухание аттенюатора в зависимости от величины коэффициента отражения нагрузки.

Величина затухания определяется по прилагаемому к прибору графику (приложение 3 в инструкции к прибору). При дальнейшей работе с данной нагрузкой затухание аттенюатора не уменьшать.

Генератор сигналов Г3-23

Предназначен для получения незатухающих и импульсно-модулированных колебаний СВЧ, а также колебаний СВЧ с модуляцией от внешних источников. Генератор может быть использован в лабораторных, заводских и полигонных условиях.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот от 3000 до 4500 МГц.
2. Основная погрешность установки частоты не более 1,25%.
3. В приборе предусмотрена возможность работы:
   незатухающими колебаниями;
   внутренней модуляцией импульсами с частотой следования 1000 Гц, скважностью 2 (меандр);
   внешней импульсной модуляцией;
   внешней частотной модуляцией.
4. Стабильность частоты генератора после получасового самопрогрева при работе в режиме незатухающих колебаний и неизменных внешних условиях за последующие 5 мин не хуже 0,01% (время прогрева при работе в условиях температуры внешней среды, равной 0° С, не менее 1 часа).
5. Выходная мощность генератора на внешней нагрузке 50 Ом с КСВ не более 1,5:
   не менее 40 мВт в диапазоне 3000—3400 МГц;
   не менее 15 мВт в диапазоне 3400—4500 МГц.
6. Генератор имеет два идентичных выхода.
7. Уровень выходной мощности регулируется в пределах 30 дБ (относительно максимального).
8. При внешней частотной модуляции девиации частоты не менее 3 МГц при частоте модуляции от 100 до 4000 Гц.
9. При внешней импульсной модуляции импульсами с амплитудой от 35 до 80 В обеих полярностей прибор выдает импульсы длительностью от 1 до 20 мкс при частоте следования от 100 до 10 000 Гц.
10. В режиме незатухающих колебаний паразитная ЧМ-модуляция не превышает $7 \cdot 10^{-5}$ от несущей частоты.
11. В режиме «меандр» прибор выдает синхронизирующие импульсы обеих полярностей с амплитудой не менее 5 В.
12. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В ± 5% и частотой 400—427 Гц напряжением 115—220 В ± 3%. Мощность, потребляемая прибором, 150 ВА от сети 50 Гц; 120 ВА от сети 400 Гц.
13. Вес прибора 18 кг.

Схема прибора

Структурная схема прибора (рис. 179) содержит генератор высокой частоты, аттенюаторы с индикатором выходной мощности, генератор импульсов, усилители и блок питания.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 180.

Генератор высокой частоты работает на отражательном клистроне $Л_9$. Колебательная система выполнена в виде отрезка коаксиальной линии. Перестройка генератора осуществляется с помощью бесконтактного Z-образного плунжера.

Диапазон работы генератора обеспечивается использованием двух зон генерации клистрона. Для обеспечения оптимального режима работы клистрона одновременно с изменением длины линии изменяется напряжение на отражателе клистрона при помощи регулируемых сопротивлений R_{37}, R_{45} и микропереключателя $П_2$. Ручка этой

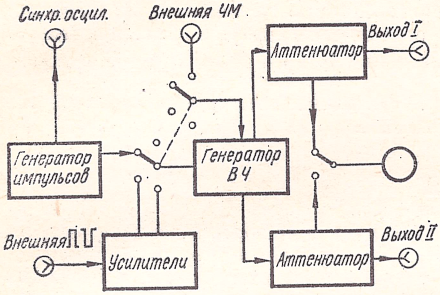

Синхр. осцил.
Внешняя ЧМ
Аттенюатор
Выход I
Генератор импульсов
Генератор ВЧ
Внешняя ⎍⎍
Усилители
Аттенюатор
Выход II

Рис. 179. Структурная схема прибора Г3-23.

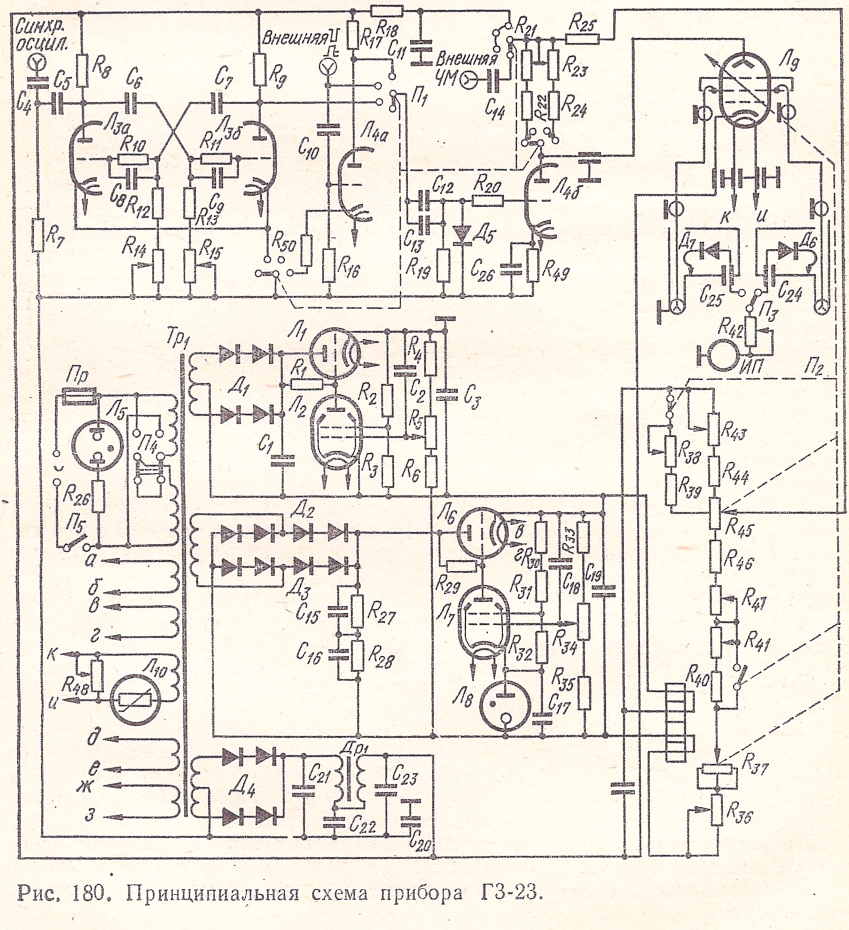

Синхр. осцил.
C_4
C_5
R_8
C_6
C_7
R_9
Внешняя ⎍
R_{18}
R_{17}
C_{11}
Внешняя ЧМ
C_{14}
R_{21}
R_{25}
R_{23}
R_{22}
R_{24}
$Л_9$
$П_1$
$Л_{3а}$
$Л_{3б}$
R_{10}
R_{11}
C_8
C_9
R_{12}
R_{13}
C_{10}
$Л_{4а}$
$Л_{4б}$
C_{12}
R_{20}
C_{13}
$Д_5$
R_7
R_{14}
R_{15}
R_{50}
R_{16}
R_{19}
C_{26}
R_{49}
к
и
$Д_7$
$Д_6$
C_{25}
C_{24}
$П_3$
R_{42}
ИП
$Тр_1$
$Л_1$
R_4
$Д_1$
R_1
C_2
C_3
$Л_2$
R_2
R_5
C_1
R_3
R_6
Пр
$Л_5$
$П_4$
R_{26}
$П_5$
$П_2$
R_{43}
R_{38}
R_{44}
R_{39}
R_{45}
R_{46}
R_{47}
R_{41}
R_{40}
R_{37}
R_{36}
$Д_2$
$Л_6$
в
г
R_{30}
R_{33}
R_{29}
C_{18}
C_{19}
$Д_3$
C_{15}
R_{27}
R_{31}
$Л_7$
R_{34}
C_{16}
R_{28}
R_{32}
R_{35}
C_{17}
$Л_8$
а
б
в
г
к
R_{48}
$Л_{10}$
и
д
е
ж
з
$Д_4$
$Др_1$
C_{21}
C_{23}
C_{22}
C_{20}

Рис. 180. Принципиальная схема прибора Г3-23.

регулировки выведена на переднюю панель (рис. 181) и обозначена «настройка».

Дополнительная подстройка генератора осуществляется изменением напряжения на отражателе клистрона переменным сопротивлением R_{38} (ручка «напряжение отражателя»).

Импульсная модуляция колебаний в генераторе производится по отражателю клистрона. При отсутствии модуляции напряжение на отражателе выводится за пределы зоны генерации. При передаче модулирующего напряжения напряжение на отражателе устанавливается в центре зоны генерации.

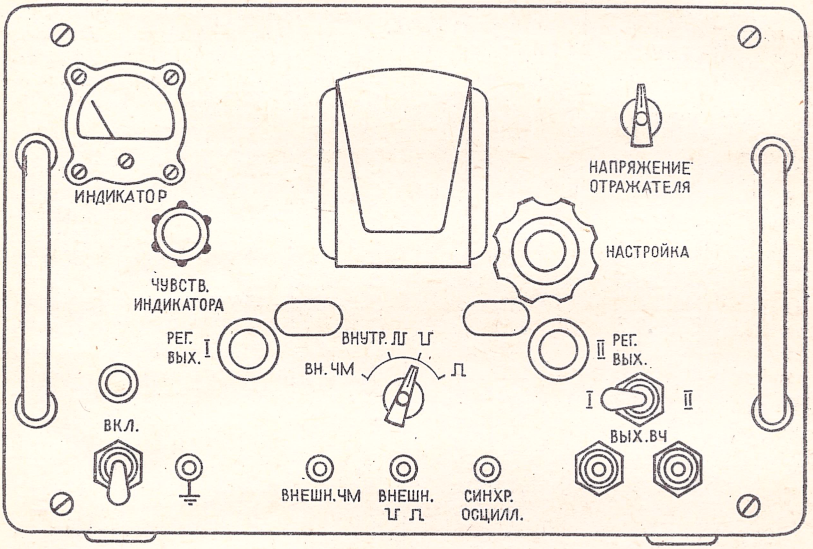


Рис. 181. Вид передней панели прибора Г3-23.

В режиме «меандр» источником модулирующего напряжения является мультивибратор, собранный на лампе $Л_3$. Напряжение от него через модулятор ($Л_{4б}$) управляет работой генератора $Л_9$ и одновременно подводится к гнезду «синхр. осцилл.».

При внешней импульсной модуляции отрицательными импульсами модулирующее напряжение на отражатель клистрона поступает с гнезда «внешн. ⊔⊓» через переключатель вида работы $П_1$ на сетку модуляторной лампы $Л_{4б}$. При положительной полярности модулирующих импульсов в схему модулятора включается инверсный каскад на лампе $Л_{4а}$.

Вывод ВЧ мощности от генератора осуществляется при помощи петли связи, помещенной в полость резонатора и регулируется изменением глубины ее погружения при помощи ручек «рег. вых. I» и «рег. вых. II». ВЧ-мощность колебаний подводится к гнездам «вых. ВЧ I» и «вых. ВЧ II» через индикаторный тройник, в котором помещены детекторы измерителей выхода $Д_6$, $Д_7$.

Индикация уровня выходной мощности осуществляется прибором *ИП*, подключаемым переключателем $П_3$ к детектору $Д_6$ или $Д_7$. Чувствительность индикатора регулируется изменением сопротивления R_{42} при помощи ручки «чувств. индикатора».

89. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г3-23

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МЛТ-1	1 МОм	R_{45}	Потенциометр	40 кОм
R_2	МЛТ-1	120 кОм	R_{46}	МЛТ-2	33 кОм
R_3	МЛТ-1	51 кОм	R_{47}	ППИ-Р	9,1 кОм
R_4	МЛТ-1	91 кОм	R_{48}	ПЭВ-10	51 Ом
R_5	СП-II-2Б	15 кОм	R_{49}	МЛТ-1	560 Ом
R_6	МЛТ-1	180 кОм	R_{50}	МЛТ-0,5	270 Ом
R_7	МЛТ-0,5	15 кОм	C_1	МБГО-2-500	10 мкФ
R_8, R_9	МЛТ-2	12 кОм	C_2, C_3	МБГП-2-400	0,5 мкФ
R_{10}, R_{11}	МЛТ-0,5	1,2 МОм	C_4	СГМ-3-1000	1000 пФ
R_{12}, R_{13}	МЛТ-0,5	330 кОм	C_5—C_7	СГМ-1-250	470 пФ
R_{14}, R_{15}	МЛТ-0,5	470 кОм	C_8, C_9	КТК-1а-М	22 пФ
R_{16}	МЛТ-0,5	4,7 МОм	C_{10}	КБГ-М2-600	0,01 мкФ
R_{17}	МЛТ-2	470 Ом	C_{11}	МБГО-2-400	10 мкФ
R_{18}	ПЭВ-10	9,1 кОм	C_{12}	СГМ-3-1000	1000 пФ
R_{19}	МЛТ-0,5	680 кОм	C_{13}	МБГЦ-2-1000	0,1 мкФ
R_{20}	МЛТ-0,5	150 Ом	C_{14}	МБГП-2-1500	0,25 мкФ
R_{21}	СПО-0,5	470 Ом	C_{15}, C_{16}	МБГО-2-400	10 мкФ
R_{22}	МЛТ-1	2,2 кОм	C_{17}—C_{19}	МБГП-2-600	0,25мкФ
R_{23}	СПО-0,5	470 Ом	C_{20}	МБГЦ-2-1000	0,1 мкФ
R_{24}	МЛТ-1	2,7 кОм	C_{21}—C_{23}	МБГО-2-400	10 мкФ
R_{25}	МЛТ-0,5	220 кОм	C_{24}, C_{25}	Конструктивный	—
R_{26}	МЛТ-0,5	560 кОм	C_{26}	СГМ-1-250	470 пФ
R_{27}—R_{29}	МЛТ-1	1 МОм	$Л_1$	6С19П	—
R_{30}, R_{31}	МЛТ-2	27 кОм	$Л_2$	6П3С	—
R_{32}	МЛТ-1	3,9 кОм	$Л_3$	6Н3П	—
R_{33}	МЛТ-2	91 кОм	$Л_4$	6Н6П	—
R_{34}	СП-II-2Б	15 кОм	$Л_5$	ТН-0,3	—
R_{35}	МЛТ-1	36 кОм	$Л_6$	6С19П	—
R_{36}	СП-I-2Б	10 кОм	$Л_7$	6П3С	—
R_{37}	Потенциометр	40 кОм	$Л_8$	СГ1П	—
R_{38}	ППЗ-II	9,1 кОм	$Л_9$	К-351	—
R_{39}	МЛТ-1	10 кОм	$Л_{10}$	СТ-2С	—
R_{40}	МЛТ-1	1 кОм	$Д_1$—$Д_4$	Д1001А	—
R_{41}	ППЗ-II	9,1 кОм	$Д_5$	Д7Ж	—
R_{42}	СП-I-2Б	22 кОм	$Д_6$, $Д_7$	ДК-В4	—
R_{43}	ППЗ-II	9,1 кОм	ИП	М592	100 мкА
R_{44}	МЛТ-1	15 кОм			

Блок питания содержит два выпрямителя $Д_1$ и $Д_2$, $Д_3$ с электронной стабилизацией на лампах $Л_1$, $Л_2$ и $Л_6$, $Л_7$, $Л_8$ и нестабилизированный выпрямитель $Д_4$.

Накал клистрона питается через стабилизатор тока $Л_{10}$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г3-23 приведена в табл. 89.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 181).

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в том, что переключатель сети (на задней стенке прибора) установлен в положение, соответствующее имеющемуся напряжению сети.

2. Ручки «рег. вых. I» и «рег. вых. II» повернуть против часовой стрелки до упора (минимум выходной мощности).

3. Подключить к гнездам «вых. ВЧ I» или «вых. ВЧ II» нагрузку. Если один из выходов не используется, — закрыть его заглушкой.

4. Переключатель питания установить в положение выключено.

5. Подключить кабель питания к сети и включить питание, переведя тумблер в положение «вкл.». При этом должна загореться сигнальная лампочка. Дать прибору прогреться в течение 30—60 мин.

Работа с прибором

После подготовки прибора к работе следует:

1. Установить необходимую частоту колебаний ручкой «настройка».

2. Установить необходимую мощность ручками «рег. вых. I» или «рег. вых. II» в соответствии с гнездом «вых. ВЧ I» или «вых. ВЧ II», к которому подключена нагрузка.

Необходимый вид работы установить переключателем, поставив его в соответствующее положение:

«НГ, внешн. ЧМ» — при необходимости работать незатухающими колебаниями или частотно-модулированными колебаниями с модуляцией от внешнего источника. Модулирующее напряжение в этом случае подводится к гнезду «внешн. ЧМ»;

«внутр. ⊓⊔» — для работы «меандром»;

«внешн. ⊔» — для импульсной работы с модуляцией от внешнего источника импульсами отрицательной полярности;

«внешн. ⊓» — для импульсной работы с модуляцией от внешнего источника импульсами положительной полярности.

Источник импульсного модулирующего напряжения подключается к гнезду «внешн. ⊔⊓».

4. При необходимости синхронизировать работу внешних приборов с работой генератора (в режиме «внутр. ⊓⊔») напряжение синхронизации следует снимать с гнезда «синхр. осцилл.».

5. Относительное сравнение мощности выходов производить по показаниям индикатора выхода, переключая его к соответствующим каналам при помощи переключателя «рег. вых. I» и «рег. вых. II».

Генераторы сигналов Г3-33, Г3-34

Приборы являются источниками низкочастотных сигналов для регулировки и испытания низкочастотных каскадов радиоаппаратуры в лабораторных и заводских условиях.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот:

от 20 Гц до 200 кГц у генератора Г3-33;

от 20 Гц до 20 кГц у генератора Г3-34.

2. Основная погрешность по частоте не более $\pm(0,02F+1)$ Гц, погрешность градуировки шкалы расстройки на $\pm1,5\%$ не превышает $\pm(0,003F+0,3)$Гц.

3. Уход частоты после 30 мин предварительного прогрева не более $\pm0,0025F$ Гц за один час.

4. Максимальное выходное напряжение не менее 55 В при нагрузке 600 Ом и частоте сигнала 1000 Гц.

5. Выходной аттенюатор обеспечивает ослабление сигнала до 100 дБ.

6. Погрешность ослабления сигнала при чисто активной нагрузке 600 Ом не более:

0,5 дБ в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц для ослаблений от «+30» до «—70 дБ»;

0,5 дБ в диапазоне частот от 20 Гц до 200 кГц для ослаблений от «+30» до «—30 дБ»;

1 дБ в диапазоне частот от 20 Гц до 200 кГц для ослаблений от «—40 дБ» до «—70 дБ».

7. Погрешность измерения выходного напряжения не более 2,5% от верхнего предела измерения в диапазоне частот от 20 до 5000 Гц; ±3,5% в диапазоне частот от 5 до 20 кГц и ±5% в диапазоне частот от 20 до 200 кГц.

8. Гармонические искажения выходного сигнала на нагрузке 600 Ом, подключенной к выходу аттенюатора:

а) при выходной мощности 0,5 Вт составляет:

0,3% в диапазоне частот от 400 до 5000 Гц;

0,7% в диапазонах частот от 60 до 400 Гц и от 5 до 20 кГц;

3% в диапазоне частот от 20 до 200 кГц;

б) при выходной мощности 5 Вт:

3% в диапазоне частот от 60 до 20000 Гц;

3% в диапазоне частот от 20 до 200 кГц при максимальной выходной мощности в пределах допуска по частотной характеристике (±1,5 дБ).

9. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц ±1% напряжением 220 В ± 10%.

10. Вес прибора 30 кг, габаритные размеры 510×340×350 мм.

Схема приборов

Структурная схема приборов Г3-33 и Г3-34 (рис. 182) содержит задающий генератор, усилитель, вольтметр, выходное устройство с аттенюатором и блок питания.

Принципиальная схема прибора Г3-33 приведена на рис. 183. Задающий генератор класса RC работает на лампах $Л_1$ и $Л_2$ с терморезистором R_{20} в цепи обратной связи.

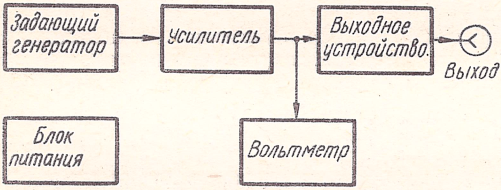


Рис. 182. Структурная схема приборов Г3-33 и Г3-34.

Частота генератора изменяется:

плавно — изменением емкости оперативного конденсатора C_5, ручка которого выведена на переднюю панель (рис. 184) и обозначена «частота Hz». Кроме того, в любой точке диапазона частота генератора может быть изменена на ±1,5% изменением сопротивления резистора R_{18}, ручка которого на передней панели имеет обозначение «расстройка %»;

ступенями — переключением резисторов R_1—R_{14} переключателем $П_1$, ручка которого имеет обозначение «множитель».

Усилитель двухкаскадный. Каскад на лампе $Л_3$ представляет собой фазоинвертор, собранный по симметричной автобалансной схеме. Каскад на лампах $Л_4$, $Л_5$ — усилитель мощности — собран по двухтактной схеме. Нагрузкой усилителя являются переключаемые с помощью реле P_1 выходные трансформаторы $Тр_3$ и $Тр_4$.

Токи выходных ламп выравниваются изменением напряжения смещения лампы $Л_4$ при помощи потенциометра R_{62}, ручка которого выведена под шлиц на боковую стенку прибора и обозначена «баланс токов».

Выходное напряжение изменяется регулировкой усиления при помощи потенциометра R_{50}, ручка которого имеет обозначение «рег. выхода», и изменением ослабления выходных аттенюаторов через 10 дБ при помощи переключателя $\textit{П}_2$, ручка которого имеет обозначение «пределы шкал, ослабление».

При ослаблениях до 50 дБ схема аттенюатора представляет собой коммутируемые Т-образные звенья мостового типа, при ослаблениях больше 50 дБ последовательно с этими звеньями подключается обычное Т-образное звено с ослаблением 50 дБ.

Выходное устройство содержит согласующие трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$, один из которых обеспечивает работу в диапазоне частот до 20 кГц, а второй — от 20 до 200 кГц и стоит только в генераторе Г3-33. Переключаются эти трансформаторы так же, как и в усилителе, с помощью реле P_2 при установке соответствующих поддиапазонов частоты.

Вольтметр представляет собой обычную мостовую схему на диодах $Д_{17}$, $Д_{18}$ и резисторах R_{100} и R_{104}. Стрелочный прибор *ИП* подключается к схеме моста переключателем $\textit{П}_6$. С помощью этого же переключателя изменяются пределы измерения вольтметра (31,6 и 60 В): переключаются добавочные резисторы R_{98} и R_{102} с корректирующими конденсаторами C_{27} и C_{28}. Кроме того, переключателем $\textit{П}_6$ подключается стрелочный прибор для выравнивания токов выходных ламп по напряжению в катодах ламп (R_{69} и R_{70}). Ручка переключателя $\textit{П}_6$ на передней панели обозначена «шкала прибора».

Сопротивление нагрузок с выходным сопротивлением генератора согласуется переключением обмоток согласующих трансформаторов при помощи переключателя $\textit{П}_4$, ручка которого обозначена «вых. сопр. Ω». При установке этого переключателя в положение «атт.» клеммы «выход» соединяются с аттенюатором, минуя согласующие трансформаторы. Этот режим обеспечивает наименьшие искажения сигнала и погрешности ослабления его при работе на чисто активную нагрузку 600 Ом.

Питается прибор по высокому напряжению через электронный стабилизатор на лампах $Л_7$—$Л_{10}$. Накал ламп задающего генератора и выходного усилителя стабилизируется с помощью дросселя насыщения $Др_1$, опорное напряжение берется с электронного стабилизатора через резисторы R_{82}—R_{84}.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г3-33 приведена в табл. 90.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 184). Ручка «баланс токов» (под шлиц) выведена на боковую стенку прибора.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети установить в положение выключено.
2. Подключить кабель питания к сети.
3. Включить питание прибора, переведя переключатель сети в положение «вкл.». При этом должна загореться сигнальная лампочка (подсвет шкалы аттенюаторов). Дать прибору прогреться в течение 30 мин.
4. Установить переключатель «шкала прибора» в положение «×1» и зафиксировать анодный ток лампы (он не должен превышать 50 мА).
5. Перевести переключатель «шкала прибора» в положение «×2» и, при необходимости, ручкой «баланс токов» (под шлиц) на боковой стенке установить анодный ток второй лампы, равным току первой лампы.

Установка частоты

Необходимую частоту устанавливают и изменяют плавно ручками «частота Hz» и «расстройка %» и ступенями в 10 раз переключателем «множитель». Значение установленной частоты определяется умножением отсчета шкалы на показание ручки «множитель» (при нулевой расстройке). При наличии расстройки

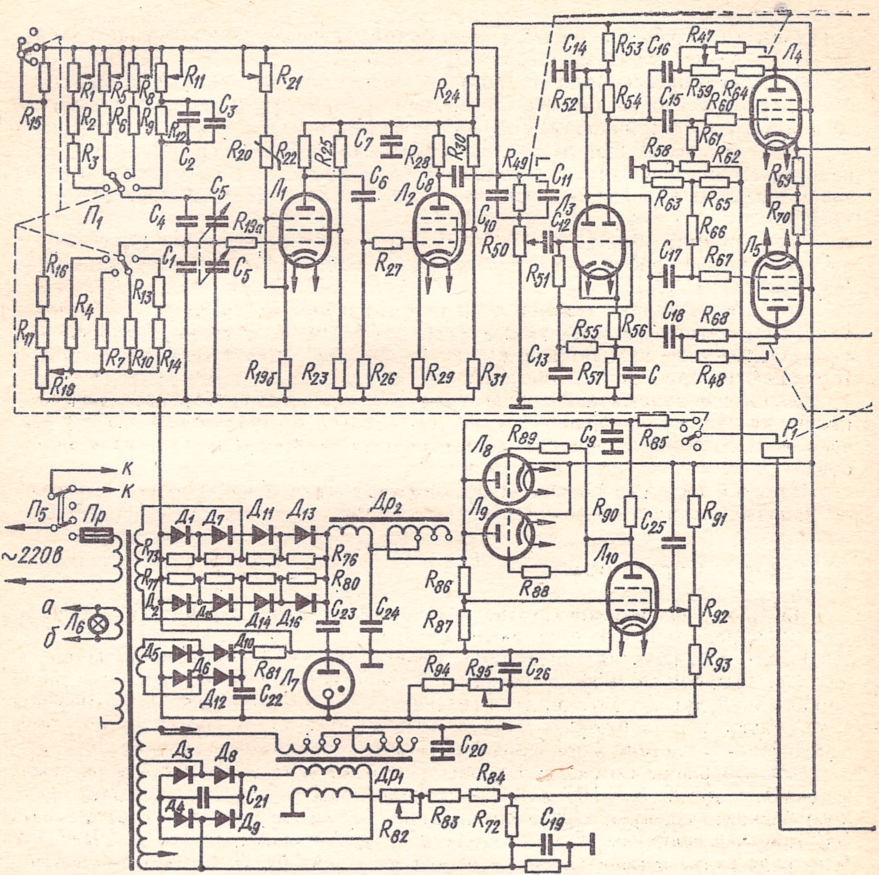

R15
R1
R5
R8
R11
R2
R6
R9
C3
R12
R3
C2
П1
C4
C5
R13а
C1
C5
R16
R4
R13
R17
R7
R10
R14
R18
R21
R20
R22
R25
C7
R24
R28
R30
C6
C8
Л1
Л2
R27
R19б
R23
R26
R29
R31
C14
R53
C16
R47
Л4
R52
R54
C15
R59
R60
R64
R58
R61
R62
R49
C11
Л3
C12
C10
R50
R51
R63
R65
R66
R69
R70
C17
R67
Л5
C18
R68
R55
R56
C13
R57
C
R48
Л8
R89
C9
R85
P1
Л9
R90
C25
R91
Л10
R88
R86
R87
R92
R93
R94
R95
C26
к
к
П5
Пр
~220в
Д1
Д7
Д11
Д13
Др2
R73
R76
R77
R80
Д2
Д15
Д14
Д16
C23
C24
а
б
Л6
Д5
Д6
Д10
R81
Д12
C22
Л7
C20
Д3
Д8
C21
Др1
R84
Д4
Д9
R82
R83
R72
C19
R71
Тр5

Рис. 183. Принципиальная

шкала «расстройка %» показывает, на сколько процентов значение частоты выходного сигнала отличается от значения ее при установке ручки «расстройка %» в нулевое положение.

Установка и регулировка выходного напряжения

Выходное напряжение генераторов Г3-33 и Г3-34 выводится через клеммы «выход». Выход генераторов симметричный, со средней точкой (правая клемма) и с корпусом генератора не соединен.

Входное напряжение может изменяться плавно ручкой «рег. выхода» и ступенями выходного аттенюатора через 10 дБ ручкой «пределы шкал, ослабление».

Значение выходного напряжения определяется по показаниям вольтметра с учетом ослабления выходного аттенюатора. Предельное значение стрелочного прибора определяется по шкале аттенюатора в соответствии с положением пере-

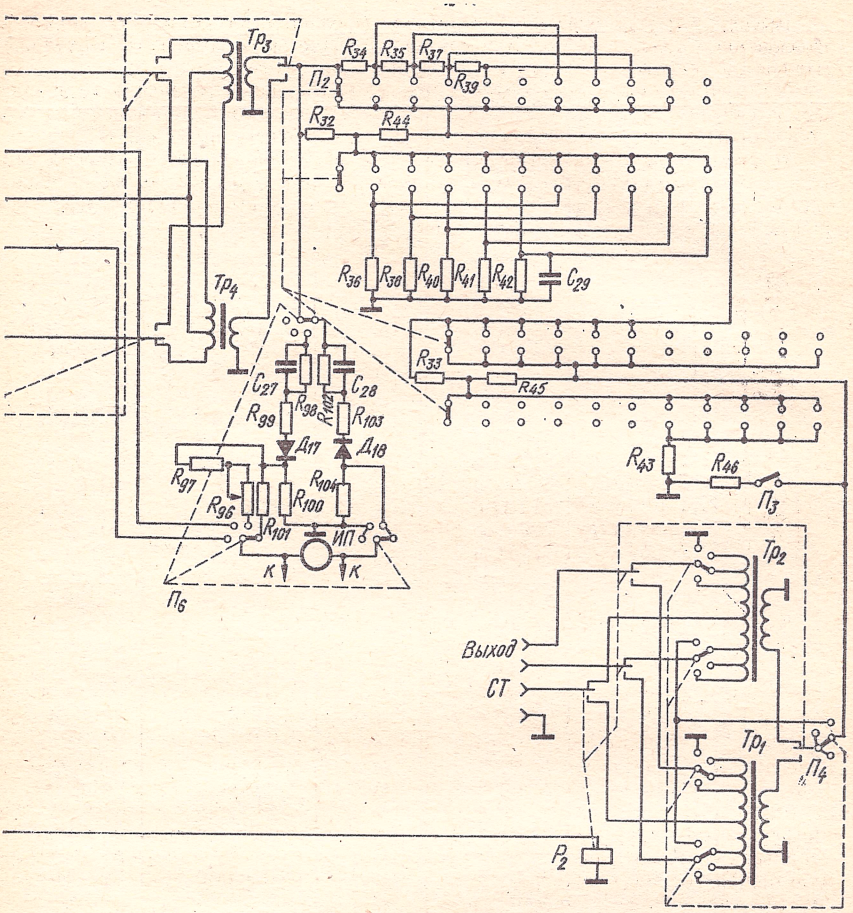

Тр3
R34
R35
R37
R39
П2
R32
R44
R36
R38
R40
R41
R42
C29
Тр4
R33
R45
C27
C28
R98
R102
R99
R103
Д17
Д18
R97
R96
R100
R104
R101
ИП
К
К
П6
R43
R46
П3
Тр2
Выход
СТ
Тр1
П4
Р2

схема прибора Г3-33.

ключателя «вых. сопр. Ω» (по этой же шкале определяется ослабление аттенюатора). Значение выходного напряжения отсчитывается с учетом положения переключателя «шкала прибора × 1, × 2» в вольтах или милливольтах, а его уровень — в децибелах.

При работе с внешними нагрузками 5,50 и 600 Ом переключатель «вых. сопр. Ω» должен быть установлен в соответствующее положение; тумблер «внутр. нагрузка» должен быть установлен в положение выключено. При работе с нагрузками значительно больше 600 Ом тумблер должен быть установлен в положение «вкл.».

При работе генератора с большими ослаблениями выходного аттенюатора необходимо заземлить только корпус генератора. Независимое заземление приемника в этих случаях может привести к наведению на входе приемника значительных помех.

90. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г3-33

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	СП3-9а-16	680 кОм	R_{54}	МЛТ-0,5	10 кОм
R_2	МГП-0,5	5,1 МОм	R_{55}	МЛТ-0,5	160 кОм
R_3	МГП-0,5	2,4 МОм	R_{56}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_4	БЛПа-0,25	7,5 кОм	R_{57}	МЛТ-1	3,6 кОм
R_5	СП3-9а-16	68 кОм	R_{58}	МЛТ-2	5,1 кОм
R_6	МГП-0,5	750 кОм	R_{59}	СП3-9а-16	22 кОм
R_7	БЛПа-0,25	75 кОм	R_{60}	МЛТ-0,5	1 кОм
R_8	СП3-9а-16	6,8 кОм	R_{61}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_9	БЛПа-0,25	75 кОм	R_{62}	ППБ-2В	6,8 кОм
R_{10}	МГП-0,5	750 кОм	R_{63}	МЛТ-2	16 кОм
R_{11}	СП3-9а-16	1 кОм	R_{64}	МЛТ-0,5	68 кОм
R_{12}	БЛПа-0,25	7,5 кОм	R_{65}	МЛТ-2	3,9 кОм
R_{13}	МГП-0,5	5,1 МОм	R_{66}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_{14}	МГП-0,5	2,4 МОм	R_{67}	МЛТ-0,5	1 кОм
R_{15}	МЛТ-1	6,8 кОм	R_{68}	МЛТ-0,5	75 кОм
R_{16}	МЛТ-1	9,1 кОм	R_{69}, R_{70}	МЛТ-0,5	1,4 Ом
R_{17}	МЛТ-1	510 Ом	R_{71}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_{18}	Потенциометр	200 Ом	R_{72}	МЛТ-0,5	390 кОм
R_{19}*а, б*	МЛТ-0,5	1,5 кОм	R_{73}—R_{80}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_{20}	ТПМ-6/2Б	—	R_{81}	МЛТ-2	4,3 кОм
R_{21}	СП3-9а-16	4,7 кОм	R_{82}	1ПЭВР-30	1 кОм
R_{22}	МЛТ-0,5	22 кОм	R_{83}	ПЭВ-10	10 кОм
R_{23}	МЛТ-0,5	39 кОм	R_{84}	МЛТ-2	1 кОм
R_{24}	МЛТ-2	3 кОм	R_{85}	МЛТ-2	7,5 кОм
R_{25}	МЛТ-0,5	68 кОм	R_{86}	МЛТ-2	150 кОм
R_{26}	МЛТ-0,5	510 кОм	R_{87}	МЛТ-2	10 кОм
R_{27}	МЛТ-0,5	1,5 кОм	R_{88}, R_{89}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_{28}	МЛТ-2	10 кОм	R_{90}	МЛТ-1	1 МОм
R_{29}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{91}	МЛТ-1	150 кОм
R_{30}	МЛТ-0,5	22 кОм	R_{92}	СП3-9а-16	22 кОм
R_{31}	МЛТ-1	51 кОм	R_{93}	МЛТ-0,5	62 кОм
R_{32}	ДПН	598 Ом	R_{94}	МЛТ-2	43 кОм
R_{33}	БИГ-0,25	598 Ом	R_{95}	СП-II-1-А	100 кОм
R_{34}	БИГ-0,75	1,3 кОм	R_{96}	СП3-9а-16	2,2 кОм
R_{35}	БИГ-0,5	4,1 кОм	R_{97}	БЛПа-0,25	6,8 кОм
R_{36}	БИГ-0,75	278 Ом	R_{98}	МЛТ-0,5	36 кОм
R_{37}	БИГ-0,5	13 кОм	R_{99}	БЛПа-0,25	6,8 кОм
R_{38}	БИГ-0,5	66,7 Ом	R_{100}	БЛПа-0,25	2 кОм
R_{39}	БИГ-0,75	41 кОм	R_{101}	СП3-9а-16	2,2 кОм
R_{40}	БИГ-0,5	19,6 Ом	R_{102}	МЛТ-0,5	13 кОм
R_{41}	БИГ-0,5	6,06 Ом	R_{103}	БЛПа-0,25	6,8 кОм
R_{42}, R_{43}	БИГ-0,5	3,8 Ом	R_{104}	БЛПа-0,25	2 кОм
R_{44}, R_{45}	БИГ-0,25	598 Ом	C_1	Подстроечный	6—35 пФ
R_{46}	МЛТ-2	150 Ом	C_2	КТ-2а-М47	3,3 пФ
R_{47}, R_{48}	МЛТ-0,5	390 кОм	C_3	КТ-2а-М47	27 пФ
R_{49}	МЛТ-0,5	39 кОм	C_4	КСО-1	68 пФ
R_{50}	СП-1-1-А	4,7 кОм	C_5	Блок	30—1050 пФ
R_{51}	МЛТ-0,5	510 кОм	C_6	МБГО-2	0,25 мкФ
R_{52}	МЛТ-0,5	10 кОм	C_7	К50-3	50 мкФ
R_{53}	МЛТ-0,5	2 кОм	C_8	МБГО-2	10 мкФ

Продолжение табл. 90

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_9	КСО-1	100 пФ	$Л_7$	СГ2П	—
C_{10}	КТ-2а-М47	6,8 мкФ	$Л_8$, $Л_9$	6С19П	—
C_{11}	КТ-2а-М47	51 мкФ	$Л_{10}$	6Ж1П	—
C_{12}	МБГО-2	1 мкФ	$Д_1$, $Д_2$	Д226Б	—
C_{13}	МБГО-2	10 мкФ	$Д_3$, $Д_4$	Д226Е	—
C_{14}	МБГО-2	20 мкФ	$Д_5$—$Д_7$	Д226Б	—
C_{15}—C_{20}	МБГО-2	1 мкФ	$Д_8$, $Д_9$	Д226Е	—
C_{21}	К50-3-50	10 мкФ	$Д_{10}$—$Д_{16}$	Д226Б	—
C_{22}—C_{26}	МБГО-2	10 мкФ	$Д_{17}$, $Д_{18}$	Д220	—
C_{27}	КТ-2а-М47	6,8 пФ	*ИП*	М-24	—
C_{28}	КТ-2а-М47	20 пФ	$Тр_1$	СТВТ-2	—
C_{29}	КБГИ-1	0,03 мкФ	$Тр_2$	СТТ-12А	—
$Л_1$	6Ж1П(6Ж1П-ЕВ)	—	$Тр_3$	ТВВТ-2	—
$Л_2$	6П4П(6П4П-ЕВ)	—	$Тр_4$	ТВТ-24	—
$Л_3$	6Н1П(6Н1П-ЕВ)	—	$Др_1$	ДН-3	—
$Л_4$, $Л_5$	6П14П	—	$Др_2$	Д39-2,5-026	—
$Л_6$	МН-14	6,3 В;0,28 А	$Р_1$, $Р_2$	РС4-52	—

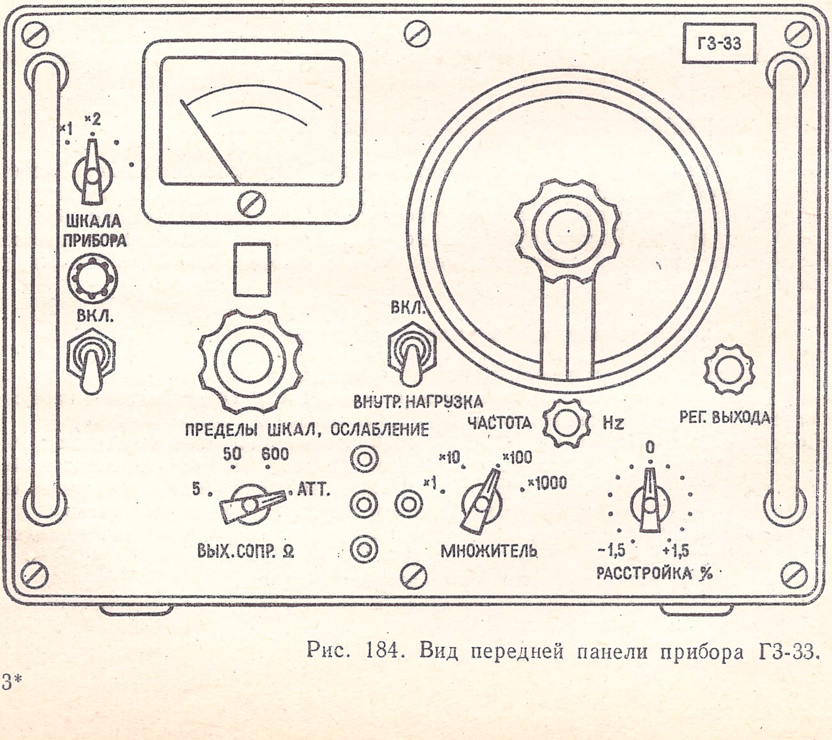

ГЗ-33
×1
×2
ШКАЛА ПРИБОРА
ВКЛ.
ВКЛ.
ВНУТР. НАГРУЗКА
ЧАСТОТА
Hz
РЕГ. ВЫХОДА
ПРЕДЕЛЫ ШКАЛ, ОСЛАБЛЕНИЕ
50
600
5
АТТ.
ВЫХ.СОПР. Ω
×10
×100
×1
×1000
МНОЖИТЕЛЬ
0
−1,5
+1,5
РАССТРОЙКА %

Рис. 184. Вид передней панели прибора ГЗ-33.

ГЕНЕРАТОРЫ СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ

Основные характеристики генераторов стандартных сигналов приведены в табл. 91.

91. Основные характеристики генераторов стандартных сигналов

Тип прибора	Диапазон частот	Выходной сигнал
Г4-1А	0,100—25 МГц	0,1 мкВ—1 В
Г4-2	8,6—9,6 ГГц	10^{-13}—10^{-3} Вт
ГК4-3	2,7—3,1 ГГц	10^{-13}—10^{-4} Вт
ГК4-4	100—375 МГц	1 мкВ—0,1 В
Г4-5	150—1000 МГц	1—10^{5} мкВ, 1 Вт
Г4-6	16—128 МГц	0,5 мкВ—0,1 В
Г4-7А	20—180 МГц	1 мкВ—1,5 В
Г4-8	1—2 ГГц	10^{-8}—100 мкВт, 0,5 Вт
Г4-9	2—3,8 ГГц	10^{-8}—100 мкВт, 30 мВт
Г4-10А	3,75—7,5 ГГц	$2 \cdot 10^{-8}$—10 мкВт, 5 мВт
Г4-11А	12—16,67 ГГц	$2 \cdot 10^{-14}$—$2 \cdot 10^{-4}$ Вт, 4мВт
Г4-12	125—250 МГц	0,5 мкВ—0,1 В
Г4-13	250—700 МГц	0,2 мкВ—0,1 В
ГК4-14	8,7—9,7 ГГц	$6 \cdot 10^{-11}$—10^{-3} Вт
Г4-16	4,5—10,35 ГГц	$2 \cdot 10^{-8}$—100 мкВт
Г4-17	20—260 МГц	10—10^{5} мкВ
Г4-18	0,100—35 МГц	1—10^{6} мкВ, 2 В
ГК4-19	8—9,68 ГГц	10^{-13}—10^{-5} Вт
ГК4-21	2,5—3,53 ГГц	$0{,}5 \cdot 10^{-14}$—10^{-4} Вт
Г4-26	6—100 кГц	0,1—$1{,}5 \cdot 10^{5}$ мкВ, 3 В
Г4-32А	8,82—12,1 ГГц	$2 \cdot 10^{-14}$—$2 \cdot 10^{-4}$ Вт, 4 мВт

Генератор стандартных сигналов Г4-1

Предназначен для получения немодулированных синусоидальных колебаний частотой от 100 кГц до 25 МГц с амплитудой от 0,1 мкВ до 1 В, амплитудно-модулированных колебаний в том же диапазоне с глубиной модуляции от 0 до 100% частотой 400 Гц при внутренней модуляции или любой частотой от внешнего источника, колебаний синусоидальных форм с частотой 400 Гц и амплитудой до 90 В.

Основные технические характеристики

1. Точность градуировки прибора по частоте ±1%.

2. Пределы выходного напряжения и выходное сопротивление на конце кабеля с делителем (гнездо «0—0,1 V» и без делителя гнездо «0—1 V»):

Сопротивление выхода 0,8 Ом . . . от 0,1 до 1000 мкВ на контакте «0,1»
» » 0,8 Ом . . . от 1,0 до 10000 мкВ на контакте «1»
» » 40 Ом . . . от 10 до 100000 мкВ на контакте «10»
» » 40 Ом . . . от 0 до 1 В отдельное гнездо

3. Общая погрешность калибровки напряжения несущей частоты выходного сигнала определяется:

погрешностью установки напряжения в 1 В ± 3%;

погрешностью градуировки плавного аттенюатора ±3% от номинала шкалы ± малое деление лимба;

погрешностью коэффициента деления ступенчатого аттенюатора соответственно позициям:

1 — ± 4%; 10 — ±3%; 100 — ±2% и 1000 — ±2%;

погрешностью коэффициента деления омического делителя на конце кабеля соответственно позициям

1 — ±1% и 0,1 — ±2%;

средними частотными погрешностями плавного аттенюатора и кабеля с делителем на всем диапазоне частот прибора, приведенными в табл. 92.

92. Погрешности в процентах установочного напряжения выходного устройства Г4-1 в зависимости от частоты

Положение аттенюатора	Частота, МГц				
	0,1	5	10	20	25
Плавный аттенюатор					
Риска 9	0	0	0	0	+0,5
Риска 8	0	0	0	+0,5	+1,5
Риска 7	0	0	0	+1,5	+2,5
Риска 6	0	0	0	+2,0	+2,5
Риска 5	0	0	0	+2,5	+3,0
Риска 4	0	0	0	+2,5	+4,0
Риска 3	0	0	0	+3,0	+5,0
Риска 2	0	0	0	+5,0	+8,0
Риска 1	0	0	+1	+9,5	+13,5
Кабель с делителем					
Контакт 10	0	—1,5	0	+2	+4,5
Контакт 1	0	—1,5	—0,5	+1	+4,0
Контакт 0,1	—0,5	—0,5	+0,5	+13	+16,5

4. Модуляция:

погрешность установки модуляции 5% от номинала шкалы до $m = 50\%$ и 10% при $m > 50\%$;

частота внутреннего модулятора 400 Гц ± 5%;

диапазон частот внешней модуляции до $m = 100\%$ от 50 до 400 Гц на несущих частотах, от 100 до 400 кГц и от 50 до 8000 Гц на всем остальном диапазоне;

для получения модуляции с $m = 80\%$ напряжение внешнего источника должно быть не меньше 100 В;

коэффициент нелинейных искажений огибающей не более 5% при $m \leqslant 80\%$ при внутренней модуляции и внешней модуляции — напряжением, имеющим собственный коэффициент нелинейных искажений до 2%.

5. Питание прибора стабилизированное от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110 или 220 В. Допустимое напряжение соответственно номиналам 100—140 В и 160—230 В.

Схема прибора

Структурная схема генератора Г4-1 (рис. 185) содержит генератор высокой частоты, усилитель высокой частоты, генератор звуковой частоты 400 Гц, схему регулирования и измерения коэффициента модуляции (УНЧ, детектор), схему регулирования и определения величины выходного напряжения (детектор), выпрямитель с феррорезонансным стабилизатором.

Принципиальная схема генератора приведена на рис. 186. Генератор высокой частоты работает на лампе $Л_1$ по трехточечной схеме с автотрансформаторной связью.

Усилитель высокой частоты работает на лампе $Л_2$ по схеме последовательного питания с настраиваемым контуром в анодной цепи.

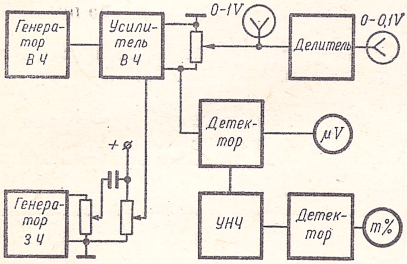

Генератор ВЧ
Усилитель ВЧ
0-1V
0-0,1V
Делитель
Детектор
μV
+
Генератор ЗЧ
УНЧ
Детектор
m%

Рис. 185. Структурная схема прибора Г4-1.

Частота генератора изменяется:

изменением емкости контуров задающего генератора и усилителя (C_5 и C_9);

переключением контурных катушек (L_9—L_{16} и L_{17}—L_{24}).

Ручка конденсаторов переменной емкости выведена на переднюю панель (рис. 187) и обозначена «настройка», ручка переключателя контурных катушек обозначена «диапазон».

Генератор звуковой частоты 400 Гц работает на лампе $Л_6$. Высокочастотные колебания модулируются от этого генератора в положении переключателя «внутр. модул.». При этом к гнездам «внешн. модул.» подводится напряжение от внутреннего генератора звуковой частоты (около 90 В).

При модуляции от внешнего источника напряжение подводится к гнездам «внешн. модул.» (переключатель должен быть в положении «внешн. модул.»).

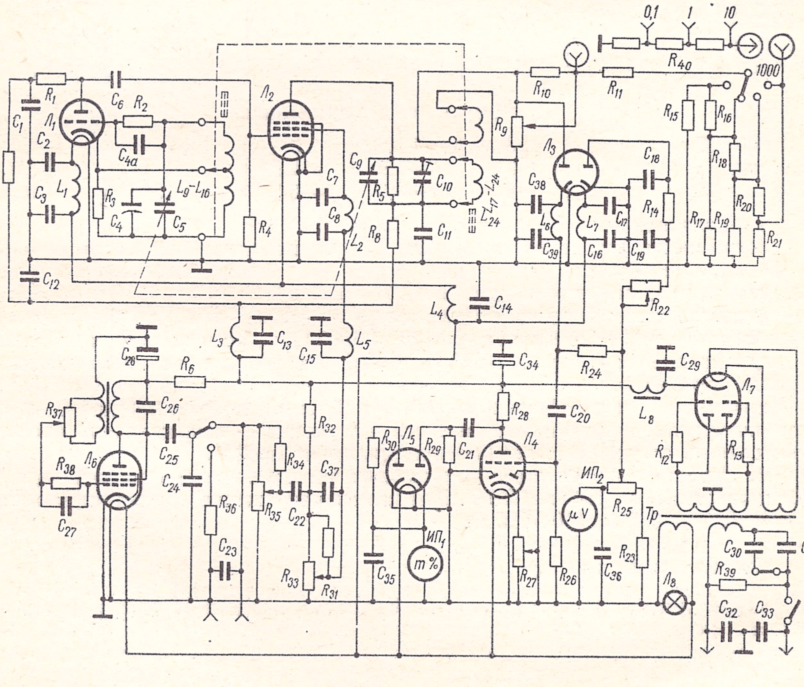

0,1
1
10
1000
R_{40}
R_1
C_1
$Л_1$
C_6
R_2
C_2
C_{4a}
R_7
L_1
C_3
R_3
C_4
L_9-L_{16}
C_5
$Л_2$
R_4
C_7
C_8
L_2
C_9
R_5
R_8
C_{10}
C_{11}
L_{17}-L_{24}
C_{12}
R_{10}
R_{11}
R_9
$Л_3$
C_{38}
L_6
C_{39}
L_7
C_{17}
C_{16}
C_{18}
R_{14}
C_{19}
R_{15}
R_{16}
R_{18}
R_{20}
R_{17}
R_{19}
R_{21}
L_4
C_{14}
R_{22}
L_3
C_{13}
C_{15}
L_5
C_{28}
R_6
C_{26}
R_{37}
C_{25}
R_{38}
$Л_6$
C_{24}
C_{27}
R_{36}
C_{23}
R_{32}
R_{34}
R_{35}
C_{22}
C_{37}
R_{33}
R_{31}
C_{34}
R_{28}
R_{30}
$Л_5$
R_{29}
C_{21}
$Л_4$
$ИП_1$
m%
C_{35}
R_{27}
R_{26}
C_{20}
R_{24}
C_{29}
L_8
$Л_7$
R_{12}
R_{13}
$ИП_2$
μV
R_{25}
Тр
C_{36}
R_{23}
$Л_8$
C_{30}
C_{31}
R_{39}
C_{32}
C_{33}

Рис. 186. Принципиальная схема прибора Г4-1.

Коэффициент модуляции во всех случаях устанавливается изменением величины модулирующего напряжения, подаваемого на экранную сетку лампы усилителя высокой частоты. Модулирующее напряжение изменяется потенциометром R_{35}, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «установка m%». Коэффициент модуляции определяется внутренним измерителем модуляции, схема которого представляет собой усилитель низкой частоты на лампе $Л_4$ и детектор на лампе $Л_5$ с прибором $ИП_1$ («m%»). Шкала прибора проградуирована в процентах коэффициента модуляции.

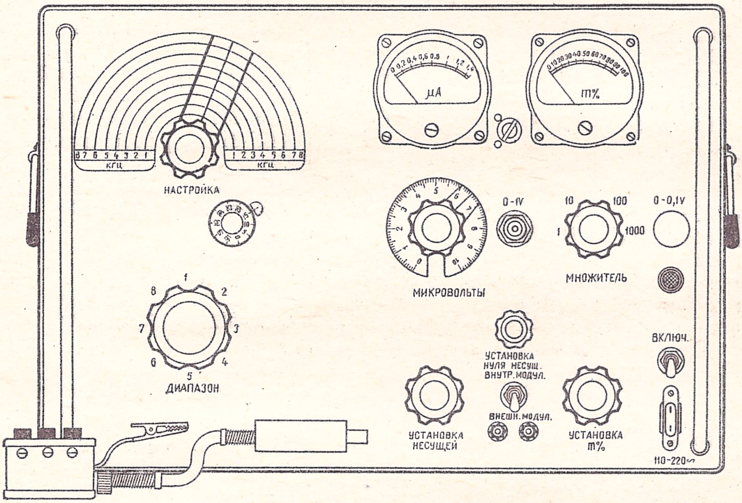


Рис. 187. Вид передней панели прибора Г4-1.

Уровень напряжения высокой частоты устанавливается изменением постоянного напряжения на экранной сетке лампы усилителя высокой частоты. Напряжение изменяется потенциометром R_{33}, ручка которого обозначена «установка несущей».

Величина выходного напряжения регулируется:

плавно — потенциометром R_9, ручка которого обозначена «микровольты»;

ступенями — делителем напряжения, образованным сопротивлениями R_{16}—R_{21}. Коэффициент деления переключается ручкой «множитель»;

ступенями — делителем напряжения, образованным сопротивлением R_{40} с отводами и оформленным в виде делительной головки на выходном кабеле. Коэффициент деления переключается выбором контакта делительной головки, с которого снимается напряжение.

Выходное напряжение измеряется диодным вольтметром на лампе $Л_3$ с прибором $ИП_2$ («μV»). Нуль вольтметра устанавливается изменением тока компенсации переменным сопротивлением R_{22} ручкой «установка нуля несущ.».

Калиброванное напряжение высокой частоты снимается с гнезд «0—1 V» или с зажимов делительной головки, подключаемой к гнезду «0—0,1 V».

Спецификация к принципиальной схеме прибора Г4-1 приведена в табл. 93.

93. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г4-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,25	1 кОм
R_2	ВС-0,25	33 кОм
R_3	ВС-0,5	27 кОм
R_4	ВС-0,25	100 кОм
R_5	ВС-0,25	82 кОм
R_6	ВС-1	680 Ом
R_7	ВС-1	10 кОм
R_8	ВС-1	1 кОм
R_9	Проволочный	145 Ом
R_{10}	»	400 Ом
R_{11}	»	360 Ом
R_{14}	ВС-0,25	3,3 кОм
R_{15}	Проволочный	44 Ом
R_{16}	»	396 Ом
R_{17}	»	48,8 Ом
R_{18}	»	396 Ом
R_{19}	»	48,8 Ом
E_{20}	»	396 Ом
R_{21}	»	97,6 Ом
R_{22}	СП-I-1А	15 кОм
R_{23}	Проволочный	4—15 кОм
R_{24}	»	7 кОм
R_{25}	»	1,2 кОм
R_{26}	ВС-0,25	1,5 МОм
R_{27}	Проволочный	1,2 кОм
R_{28}, R_{29}	ВС-0,25	82 кОм
R_{30}	ВС-0,25	68 кОм
R_{31}	ВС-1	150 кОм
R_{32}	ВС-1	56 кОм
R_{33}	СП-I-2А	47 кОм
R_{34}	ВС-0,25	56 кОм
R_{35}	Проволочный	40 кОм
R_{36}	ВС-1	22 кОм
R_{37}	Проволочный	1,2 кОм
R_{38}	ВС-0,25	82 кОм
R_{39}	ВС-0,25	470 кОм
R_{40}	Проволочный	80 Ом
C_1—C_3	КБГ-М1	0,025 мкФ
C_{4a}	КСО-2	100 пФ
C_4	Специальный	5—25 пФ
C_5	Специальный	12—200 пФ
C_6	КСО-2	100 пФ
C_7, C_8	КСО-2	680 пФ
C_9	Специальный	5—25 пФ
C_{10}	»	12—200 пФ
C_{11}	КСО-5	5100 пФ
C_{12}	КБГ-М1	0,025 мкФ
C_{13}, C_{14}	КБГ-М1	0,015 мкФ
C_{15}	КБГ-М1	1000 пФ
C_{16}, C_{17}	КСО-5	3900 пФ
C_{18}, C_{19}	КСО-2	680 пФ
C_{20}	КБГ-М2	0,025 мкФ
C_{21}, C_{22}	КБГ-М2	0,25 мкФ
C_{23}	КСО-2	680 пФ
C_{24}	КБГ-М1	0,015 мкФ
C_{25}—C_{27}	КБГ-М2	0,25 мкФ
C_{28}, C_{29}	КЭ-1б	20 мкФ
C_{30}	КБГ-МН	5 мкФ
C_{31}	КБГ-МН	1 мкФ
C_{32}, C_{33}	КБГ-МН	0,015 мкФ
C_{34}	КЭ-1а	50 мкФ
C_{35}	КБГ-М1	0,025 мкФ
C_{36}	КДК-1	2000 пФ
C_{37}	КСО-2	680 пФ
C_{38}	КСО-5	2000 пФ
C_{39}	КСО-5	1500 пФ
L_1	—	70 мкГ
L_2	—	100 мГ 240 Ом
L_3	—	550 мкГ 15 Ом
L_4	—	35 мкГ 0,25 Ом
L_5	—	550 мкГ 15 Ом
L_6	—	100 мГ 240 Ом
L_7	—	70 мГ 0,26 Ом
L_8	—	30 Г 1000 Ом
L_9	—	12,2 мГ 63 Ом
L_{10}	—	3,5 мГ 32 Ом
L_{11}	—	0,8 мГ 14 Ом
L_{12}	—	188 мкГ 13,5 Ом
L_{13}	—	44 мкГ 1,72 Ом
L_{14}	—	11 мкГ 0,192 Ом

Продолжение табл. 93

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
L_{15}	—	2,85 мкГ 0,085 Ом	$Л_1$	6С5	—
L_{16}	—	0,72 мкГ 0,025 Ом	$Л_2$	6К7	—
L_{17}	—	12,8 мГ 63 Ом	$Л_3$	6Х6С	—
L_{18}	—	3,5 мГ 32 Ом	$Л_4$	6Г7	—
L_{19}	—	0,8 мГ 14 Ом	$Л_5$	6Х6С	—
L_{20}	—	210 мкГ 14 Ом	$Л_6$	6Ф6С	—
L_{21}	—	48 мкГ 1,72 Ом	$Л_7$	6Ц5С	—
L_{22}	—	11,5 мкГ 0,178 Ом	$Л_8$	МН-14	6,3 В; 0,28А
L_{23}	—	3 мкГ 0,09 Ом	$ИП_1$, $ИП_2$	Микроамперметр	100 мкА
L_{24}	—	0,72 мкГ 0,025 Ом			

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 187). Переключатель напряжения сети находится на задней стенке под крышкой.

При подготовке прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в том, что переключатель сети включен на номинальное напряжение.
2. Ручки «установка несущей» и «установка m%» повернуть против часовой стрелки до упора.
3. Переключатель сети поставить в положение выключено.
4. Подключить кабель к колодке питания и к сети.
5. Включить питание (при этом должна загореться индикаторная лампочка) и дать прибору прогреться 2—3 мин.
6. Переключатель диапазонов поставить в промежуточное (между двумя рабочими) положение.
7. Ручкой «установка нуля несущ.» установить стрелку прибора «μV» на нуль.

Установка частоты

Необходимая частота генератора устанавливается ручкой «настройка». Затем переключатель «диапазон» устанавливается в положение, соответствующее цифре — указателю шкалы. Более плавное изменение и установку частоты производят ручкой верньера.

Для получения точного значения частоты (не выгравированной на шкале) необходимо определять цену деления ручки верньера для данного участка шкалы. Для этого необходимо определить, на сколько делений поворачивается ручка верньера при прохождении указателя частоты интервала между двумя соседними выгравированными рисками. Цена деления определится по формуле

$$\alpha = \frac{f_2 - f_1}{n},$$

где n — число делений; f_2—f_1 — частотный интервал.

Пример. Для установки частоты 468 кГц цена деления ручки подстройки определится поворотом ее при изменении частоты от $f_1 = 465$ кГц до $f_2 = 470$ кГц. При этом ручка подстройки поворачивается на 6 делений. Цена деления

$$\alpha = \frac{470 - 465}{6} = \frac{5}{6} \text{ кГц/дел.}$$

Установка и регулировка выходного напряжения

Выходное напряжение генератора Г4-1 выводится через переходные гнезда «0—0,1 V» кабелем с делительной головкой и «0—1 V» кабелем без колодки.

Выходное напряжение 0,1 В снимается с зажимов «10», «1» или «0,1» делительной головки кабеля, подключаемого к гнезду «0—0,1 V». Выходное напряжение в этом случае можно изменить:

выбором зажима делительной колодки, с которого снимается напряжение (ступенями в 10 раз);

переключателем «множитель» (ступенями в 10 раз);

ручкой «микровольты» (плавно);

ручкой «установка несущей» (плавно).

Величина выходного напряжения в микровольтах определяется перемножением показаний прибора «μV» (U), показаний лимба «микровольты» (K_1), показаний ручки «множитель» (K_2) и цифры используемого зажима делительной колодки (K_3):

$$U_{\text{вых}} = UK_1K_2K_3.$$

Пример. $U = 1{,}0$; $K_1 = 7$; $K_2 = 100$; $K_3 = 1$. При этом величина выходного напряжения

$$U_{\text{вых}} = 1 \cdot 7 \cdot 100 \cdot 1 = 700 \text{ мкВ}.$$

Примечание. Без делительной головки напряжение на переходном гнезде «0—0,1V» по приведенной формуле определять нельзя.

Погрешность в установке и определении величины выходного напряжения будет минимальной, если показание прибора «μV» установить и поддерживать (ручкой «установка несущей») равным 1. При других положениях стрелки точность определения величины выходного напряжения не гарантируется.

Выходное напряжение до 1 В снимают с гнезда «0—1V».

Величину выходного напряжения в вольтах определяют перемножением показаний прибора «μV» (U) на показания лимба «микровольты» (K_1) и коэффициент 0,1, т. е.

$$U_{\text{вых}} = 0{,}1 \cdot K_1U.$$

Пример. $U = 1$; $K_1 = 8{,}4$. При этом величина выходного напряжения

$$U_{\text{вых}} = 0{,}1 \cdot 8{,}4 \cdot 1 = 0{,}84 \text{ В}.$$

Погрешность в определении величины выходного напряжения будет минимальной, если показание прибора «μV» установить и поддерживать (ручкой установка несущей») равным 1.

Работа с прибором

Для работы немодулированными колебаниями необходимо:

1. Установить требуемую частоту.
2. Переключатель модуляции поставить в положение «внешн. модул.» (источник внешней модуляции должен быть отключен).
3. Установить необходимое выходное напряжение.

Установка и регулировка глубины модуляции сигнала

Глубина модуляции устанавливается только после установки стрелки прибора «μV» на 1. Установка и изменение глубины модуляции осуществляется ручкой «установка m%».

Величина глубины модуляции в процентах определяется по показаниям прибора «m%».

Примечание. После установки необходимой глубины модуляции описанным способом при изменении уровня несущей ручкой «установка несущей» глубина модуляции изменяется незначительно. Показания прибора «m%» при этом недействительны.

Для работы модулированными колебаниями с внутренней модуляцией следует:

1. Установить необходимую частоту генератора.
2. Переключатель модуляции поставить в положение «внутр. модул.».
3. Установить необходимый процент глубины модуляции.
4. Установить необходимое выходное напряжение.

Для работы модулированными колебаниями с внешней модуляцией следует:

1. Установить необходимую частоту генератора.
2. Переключатель модуляции поставить в положение «внешн. модул.».
3. К клеммам «внешн. модул.» подключить источник модулирующего напряжения. Если один из выходных зажимов источника модулирующего напряжения соединен с корпусом, то он должен быть присоединен к зажиму, имеющему обозначение «3».
4. Установить необходимый процент глубины модуляции.
5. Установить необходимое выходное напряжение.

Работа колебаниями с частотой 400 Гц. При использовании генератора Г4-1 только в качестве источника напряжения частотой 400 Гц для подготовки прибора к работе достаточно:

1. Ручки «установка несущей» и «установка m%» повернуть против часовой стрелки до упора.
2. Переключатель модуляции поставить в положение «внутр. модул.».
3. Включить питание прибора.

Выходное напряжение при этом снимается с клемм «внешн. модул.».

Следует иметь в виду, что на клеммах «внешн. модул.» выходное нерегулируемое напряжение около 90 В.

Генератор стандартных сигналов Г4-2

Может быть использован в качестве источника калиброванных по мощности и длительности сверхвысокочастотных сигналов в трехсантиметровом диапазоне волн.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот генерирования СВЧ колебаний от 8600 до 9600 МГц.

2. Стабильность частоты $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ в течение 30 мин через 1 ч после включения прибора.

3. Диапазон плавного изменения излучаемой мощности на выходном фланце генератора в режиме непрерывных колебаний от 0,1 пВт до 1 мВт при работе на согласованную нагрузку.

4. Сечение выходного фланца волновода 10×23 мм.

5. Погрешность установки выходной мощности не более ±2 дБ.

6. В генераторе предусмотрены следующие виды работы:

непрерывной генерацией;

импульсно-модулированными сигналами с модуляцией от внутреннего источника импульсов;

импульсно-модулированными сигналами с модуляцией от внешнего источника импульсного напряжения;

импульсами прямоугольной формы.

7. Внутренний импульсный генератор имеет следующие характеристики:

длительность импульсов (фиксированная) 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 10 и 100 мкс;

погрешность установки длительности импульсов, превышающих 0,5 мкс, не более ±10% (длительность импульса измеряется на высоте 0,5 амплитуды импульса). Передний и задний фронты этих импульсов имеют длительность 0,1 мкс;

частота повторения 1000 гц ± 10%;

амплитуда импульсного напряжения на гнезде «выход ⎍» составляет 18—24 В (точное значение см. формуляр).

8. При работе с внешней модуляцией запускающий импульс любой полярности должен иметь длительность от 1 до 20 мкс с частотой следования от 50 до 10 000 Гц и амплитудой от 10 до 100 В.

9. В режиме внешней модуляции возможна задержка сигнала запуска по отношению к переднему фронту запускающего импульса. Величина задержки может изменяться от 1 до 200 мкс для частот следования до 4000 Гц. Для частот следования выше 4000 Гц величина максимальной задержки равна 80% периода следования импульсов.

10. Амплитуда относительного импульса на гнезде «синхр. осцилл.» (синхронизация осциллографа) составляет 10 В при нагрузке сопротивлением 5000 Ом.

11. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 127 или 220 В.

12. Вес прибора около 35 кг, габаритные размеры 360×580×360 мм.

Схема прибора

Структурная схема генератора Г4-2 (рис. 188) состоит из генератора сантиметровых волн (клистронного генератора), измерителя мощности, частотомера, генератора импульсов со схемой запуска (мультивибратор, фазоинвертор, схема задержки), стабилизированных источников питания.

Принципиальная схема генератора Г4-2 приведена на рис. 189.

Генератор сантиметровых волн работает на клистроне $Л_{16}$. Частота генератора (грубо) регулируется механическим изменением геометрических размеров резонатора. Ручка этого регулятора выведена на переднюю панель и обозначена «частота». Плавно частота регулируется изменением напряжения на отражателе клистрона, снимаемого с потенциометров R_{40}, R_{41}. Ручка потенциометра R_{40} выведена на переднюю панель (рис. 190) и обозначена «напряжение отраж.». Напряжение отражателя контролируется прибором $ИП_1$ («V»).

Генератор сантиметровых волн отдает свою энергию в волновод. В месте входа зонда генераторной лампы в волновод расположена пластина постоянного аттенюатора, являющаяся нагрузкой для генератора. Она поглощает избыток мощности, излучаемой генераторной лампой в волновод.

Конструкцией узла связи генераторной лампы с волноводом обеспечивается одинаковое распределение мощности генераторной лампы по двум каналам. Одна половина мощности (1,05 мВт) поступает через аттенюаторы на выход генератора; другая — на элементы, контролирующие работу генератора,— частотомер и измеритель мощности.

Величина мощности, отдаваемая генераторной лампой в волновод, регулируется изменением связи генераторной лампы с волноводом (регулировкой глубины погружения зонда в волновод). Ручка этой регулировки выведена на переднюю панель и обозначена «связь».

Схема измерителя мощности представляет собой мост постоянного тока, одним из плеч которого является терморезистор T. Остальные плечи образованы сопротивлениями R_{49}, R_{50} и R_{51}. Питается схема от стабилизированного выпрямителя, работающего на лампе $Л_9$. Балансируется мост изменением тока через терморезистор и устанавливается переменным сопротивлением R_{48}, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «установка нуля».

Терморезистор мостовой схемы помещается в волноводе. При подаче СВЧ мощности на терморезисторе баланс моста нарушается и стрелка прибора $ИП_2$ («mW») в диагонали моста отклоняется от нулевого положения. Шкала прибора проградуирована в единицах мощности. Во избежание перегрузок стрелочного прибора при включении генератора, а также для предохранения его от механических повреждений во время транспортировки прибор до работы шунтируется сопротивлением R_{47}. Шунт выключается после включения и прогрева генератора переключателем $П_4$, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «работа — арретир».

Для исключения ошибки в установке 1 мВт выходной мощности необходимо, чтобы терморезистор был хорошо согласован с волноводом. Это согласование достигается настройкой терморезисторной камеры ручками «настройка» на максимальное поглощение мощности по максимальным показателям прибора измерителя мощности. Избыток мощности 0,05 мВт, поступающий от генераторной лампы, компенсирует начальное затухание переменных аттенюаторов. Величина выходной мощности от 1 мВт до 0,1 пВт регулируется двумя аттенюаторами по 50 дБ каждый ($Ат_1$ и $Ат_2$). Ручки управления аттенюаторами выведены на переднюю панель и обозначены «затухание». Шкалы аттенюаторов отградуированы в децибелах.

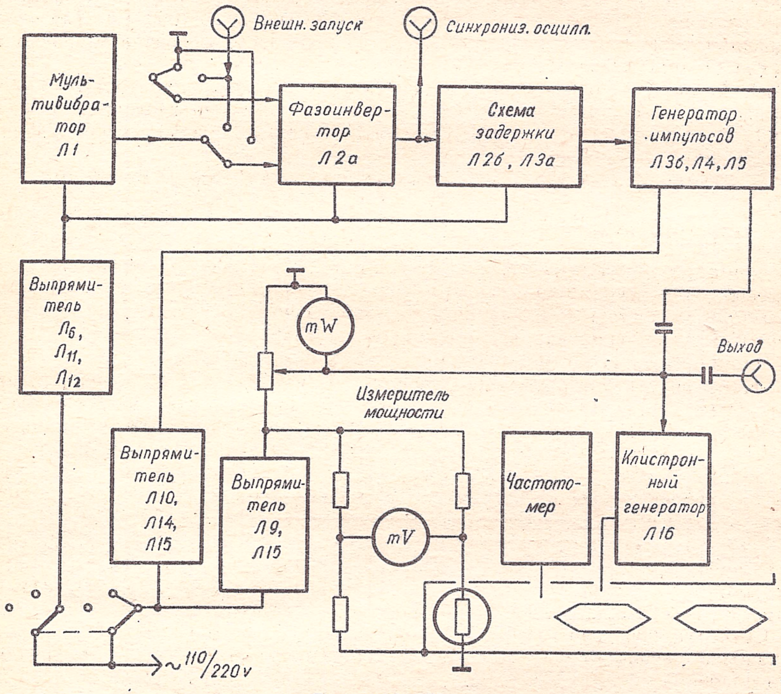

Внешн. запуск
Синхрониз. осцилл.
Мультивибратор Л1
Фазоинвертор Л2а
Схема задержки Л2б, Л3а
Генератор импульсов Л3б, Л4, Л5
Выпрямитель Л6, Л11, Л12
mW
Выход
Измеритель мощности
Выпрямитель Л10, Л14, Л15
Выпрямитель Л9, Л15
mV
Частотомер
Клистронный генератор Л16
~110/220v

Рис. 188. Структурная схема прибора Г4-2.

Резонансный частотомер генератора коаксиального типа. Настраивают его в резонанс с измеряемой частотой перемещением центрального стержня вдоль оси вращением ручки «волномер». Настройка частотомера в резонанс регистрируется по резкому спаданию показаний прибора измерителя мощности («mW»).

Частота настройки частотомера определяется по собственной шкале с дальнейшим определением по графикам градуировки. Частотомер с основным волноводом связан зондом.

Схема запуска состоит из запускающего мультивибратора, фазоинвертора, мультивибратора задержки с дифференцирующей цепью, буферного каскада, мультивибратора модулирующих импульсов.

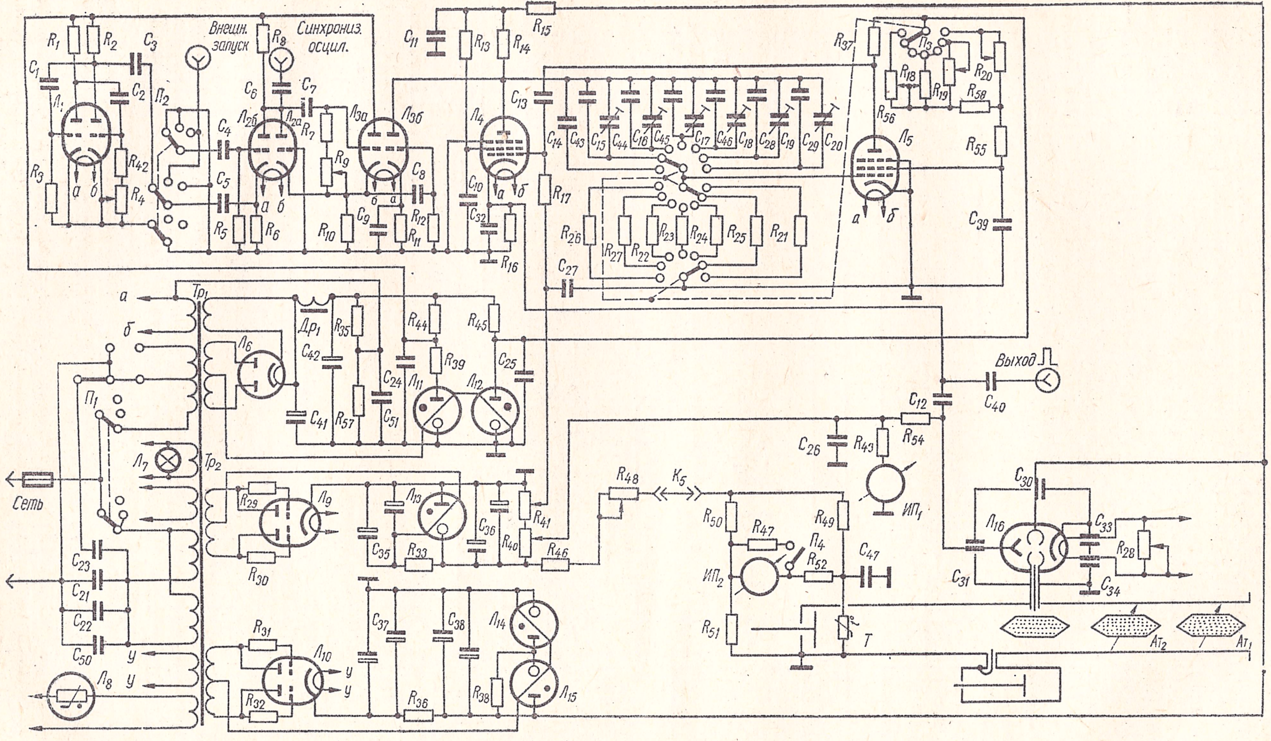

Внешн. запуск
Синхрониз. осцил.
Выход
Сеть
R_1 R_2 R_3 R_4 R_5 R_6 R_7 R_8 R_9 R_{10} R_{11} R_{12} R_{13} R_{14} R_{15} R_{16} R_{17} R_{18} R_{19} R_{20} R_{21} R_{22} R_{23} R_{24} R_{25} R_{26} R_{27} R_{28} R_{29} R_{30} R_{31} R_{32} R_{33} R_{35} R_{36} R_{37} R_{38} R_{39} R_{40} R_{41} R_{42} R_{43} R_{44} R_{45} R_{46} R_{47} R_{48} R_{49} R_{50} R_{51} R_{52} R_{54} R_{55} R_{56} R_{57} R_{58}
C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6 C_7 C_8 C_9 C_{10} C_{11} C_{12} C_{13} C_{14} C_{15} C_{16} C_{17} C_{18} C_{19} C_{20} C_{21} C_{22} C_{23} C_{24} C_{25} C_{26} C_{27} C_{28} C_{29} C_{30} C_{31} C_{32} C_{33} C_{34} C_{35} C_{36} C_{37} C_{38} C_{39} C_{40} C_{41} C_{42} C_{43} C_{44} C_{45} C_{46} C_{47} C_{50} C_{51}
$Л_1$ $Л_{2а}$ $Л_{2б}$ $Л_{3а}$ $Л_{3б}$ $Л_4$ $Л_5$ $Л_6$ $Л_7$ $Л_8$ $Л_9$ $Л_{10}$ $Л_{11}$ $Л_{12}$ $Л_{13}$ $Л_{14}$ $Л_{15}$ $Л_{16}$
$П_1$ $П_2$ $П_3$ $П_4$
$Тр_1$ $Тр_2$ $Др_1$
$ИП_1$ $ИП_2$
$К_5$
$Т$
$Ат_1$ $Ат_2$
а б
у у

Рис. 189. Принципиальная схема прибора Г4-2.

Запускающий мультивибратор работает на лампе $Л_1$ по схеме несимметричного мультивибратора и вырабатывает импульсы с частотой следования 1000 Гц. Кроме того, он определяет частоту следования импульсов генератора при внутренней модуляции. При этом импульсы запускающего мультивибратора через фазоинвертор, схему задержки и буферный каскад запускают мультивибратор модулирующих импульсов.

Фазоинвертор работает на лампе $Л_{2а}$ и позволяет, независимо от полярности запускающего импульса, получить в анодной цепи импульс отрицательной полярности. Передний фронт этого импульса запускает мультивибратор задержки. Этот же отрицательный импульс подводится к гнезду «синхр. осцилл.».

Мультивибратор задержки работает на лампах $Л_{2б}$ и $Л_{3а}$. От каждого запускающего импульса мультивибратор задержки вырабатывает импульс отрицательной полярности длительностью от 1 до 200 мкс в зависимости от положения движка переменного сопротивления R_9. Ручка этого сопротивления выведена на переднюю панель и обозначена «задержка». Задний фронт импульса мультивибратора задержки дифференцируется цепочкой R_{12}, C_8. Положительный импульс после дифференцирования открывает лампу буферного каскада, работающего на лампе $Л_{3б}$. Обычно на сетке этой лампы большое отрицательное напряжение, снимаемое с сопротивления R_{11}.

Для устранения возбуждения схемы нить накала лампы $Л_3$ имеет положительный потенциал относительно корпуса. Отрицательный импульс, получающийся в анодной цепи буферного каскада, запускает мультивибратор модулирующих импульсов, который работает на лампах $Л_4$ и $Л_5$ следующим образом.

При отсутствии импульса лампа $Л_5$ открыта, а лампа $Л_4$ закрыта благодаря отрицательному смещению, снимаемому с потенциометра R_{41}. Положительный запускающий импульс, открывая лампу $Л_{3б}$, уменьшает напряжение на аноде лампы $Л_4$. Один из конденсаторов C_{14}—C_{20} (в зависимости от положения переключателя $П_3$), ранее заряженный до напряжения источника питания, начинает разряжаться через лампу $Л_{3б}$ и соответствующее сопротивление R_{21}—R_{26}. Отрицательное напряжение с этого сопротивления закрывает лампу $Л_5$. В результате этого начинает заряжаться конденсатор C_{13} и потенциал управляющей сетки лампы $Л_4$ повышается. После того как откроется лампа $Л_4$, конденсаторы C_{14}—C_{20} начнут разряжаться через лампу $Л_4$. Это состояние будет поддерживаться до тех пор, пока напряжение на сопротивлениях R_{21}—R_{26} уменьшится до величины меньшей, чем запирающее напряжение лампы $Л_5$. После этого конденсатор C_{13} начнет разряжаться через лампу $Л_5$ и схема вернется в исходное состояние. Модулирующий импульс снимается с катодного сопротивления R_{16} лампы $Л_4$.

Длительность импульса, вырабатываемого мультивибратором, определяется постоянной времени цепи разряда мультивибратора C_{14}—C_{20}, R_{21}—R_{26}. Переключаются элементы этой цепи переключателем $П_3$. Ручка этого переключателя выведена на переднюю панель и обозначена «длительн. имп., мксек». Модулирующий импульс с сопротивления R_{16} подается на отражатель клистрона и на гнездо «выход ⊓».

При внешнем запуске генератора импульсный генератор работает аналогично, лишь из схемы переключателем $П_2$, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «полярн. запуск. имп.», отключается запускающий мультивибратор.

Внешний источник запускающих импульсов подключается к гнезду «внешн. запуск».

Вид работы генератора устанавливается переключателем $П_1$, ручка которого на передней панели обозначена «выкл.— непрерыв. колеб.— имп. манип.». Этот же переключатель служит для включения питания прибора.

Генератор Г4-2 имеет три отдельных стабилизированных выпрямителя, работающих: 1) на лампе $Л_8$ со схемой стабилизации на лампах $Л_{11}$ и $Л_{12}$; 2) на лампе $Л_9$ со стабилизатором на лампе $Л_{13}$; 3) на лампе $Л_{10}$ со схемой стабилизации на лампах $Л_{14}$ и $Л_{15}$.

94. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г4-2

Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1, R_2	ВС-1	10 кОм
R_3	ВС-0,5	12 кОм
R_4	СП-I-1А	470 кОм
R_5, R_6	ВС-0,5	5,1 МОм
R_7	ВС-0,5	1 МОм
R_8	ВС-1	20 МОм
R_9	СП-I-1А	470 МОм
R_{10}	ВС-0,5	1 МОм
R_{11}	ВС-0,5	20 МОм
R_{12}, R_{13}	ВС-0,5	10 МОм
R_{14}	ВС-0,5	620 Ом
R_{15}	ВС-0,5	5,1 кОм
R_{16}	ВС-0,5	510 Ом
R_{17}	ВС-0,5	8,2 кОм
R_{18}—R_{20}	СП-I-1А	22 кОм
R_{21}	ВС-0,5	47 кОм
R_{22}	ВС-0,5	10 кОм
R_{23}	ВС-0,5	5,6 кОм
R_{24}	ВС-0,5	2,7 кОм
R_{25}	ВС-0,5	1 кОм
R_{26}	ВС-0,5	47 кОм
R_{27}	ВС-2	7,5 кОм
R_{28}	РПО-25	50 Ом
R_{29}—R_{32}	ВС-1	5,1 кОм
R_{33}	ПО-20	2,5 кОм
R_{35}	ПО-10	1 кОм
R_{37}	ВС-0,5	820 Ом
R_{38}	ВС-1	100 кОм
R_{39}	ПО-20	1 кОм
R_{40}	Проволочный	20 кОм
R_{41}	»	10 кОм
R_{42}	ВС-1	200 кОм
R_{43}	ВС-1	2×470+510 кОм
R_{44}, R_{45}	ПО-20	4 кОм
R_{46}	ПО-10	10 кОм
R_{47}	Проволочный	4 Ом
R_{48}	»	5 кОм
R_{49}—R_{51}	Специальный	220 Ом
R_{52}	Проволочный	1 кОм
R_{54}	ВС-0,5	200 кОм
R_{55}	ВС-1	5,1 кОм
R_{56}	СП-I-1А	22 кОм
R_{57}	ВС-0,5	270 кОм
R_{58}	ВС-0,5	51 кОм
C_1, C_2	КСО-5	1000 пФ
C_3	КСО-2	100 пФ
C_4	КСО-2	510 пФ
C_5	КСО-2	150 пФ
C_6	КТК-1-Д	20 пФ
C_7	КСО-2	360 пФ
C_8	КСО-1	51 пФ
C_9	КСО-5	10000 пФ
C_{10}	КБГ-МП-2В	0,5 мкФ
C_{11}	КБГ-МП-2В	1 мкФ
C_{12}	КСО-5	10000 пФ
C_{13}	КБГ-М2	0,25 мкФ
C_{14}	КСО-5	1000 пФ
C_{15}—C_{20}	КПК-1	6—25 пФ
C_{21}, C_{22}	БМ-П10	4 мкФ
C_{23}	БМ-П8	2 мкФ
C_{24}, C_{25}	БМ-Ш4Б	2 мкФ
C_{26}	КБГ-М1	0,1 мкФ
C_{27}	БМ-П7Н	2 мкФ
C_{28}	КТК-2М	30 пФ
C_{29}	КТК-2-Р	20 пФ
C_{30}	Специальный	5—10 пФ
C_{31}	»	50 пФ
C_{32}	КТК-1-Д	30 пФ
C_{33}, C_{34}	Специальный	50 пФ
C_{35}—C_{38}	КЭ-2-М	2×20 мкФ
C_{39}	КБГ-МП-2В	0,5 пФ
C_{40}	КБГ-И	0,1 пФ
C_{41}, C_{42}	КЭ-2-М	10 мкФ
C_{43}, C_{44}	КТК-2-М	82 пФ
C_{45}	КТК-2-М	75 пФ
C_{46}	КТК-2-М	51 пФ
C_{47}	КСО-2	200 пФ
C_{50}	БМ-Ш4Б	1 мкФ
C_{51}	КБГ-И	0,1 мкФ
$ИП_1$	УС-100	100 мкА; 800 Ом
$ИП_2$	УС-200	200 мкА; 150 Ом
$Л_1$—$Л_3$	6Н8С	—
$Л_4$	6Ж4	—

Продолжение табл. 94

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
Л$_5$	6П9	—	Л$_9$,	6Н7С	—
Л$_6$	5Ц4С	—	Л$_{10}$		
Л$_7$	МН-14	6,3 В; 0,28 А	Л$_{11}$—	СГ4С	—
Л$_8$	0,85Б-5, 5-12	—	Л$_{15}$		

Дополнительная стабилизация осуществляется за счет использования феррорезонансной стабилизации напряжения первичной цепи силовых трансформаторов. Кроме этого, для стабилизации накала клистрона применяется бареттер Л$_8$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г4-2 приведена в табл. 94.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления генератором выведены на переднюю панель (рис. 190). Выходной фланец волновода находится на левой боковой стенке под крышкой. Колодка переключения напряжения сети находится на задней стенке прибора под крышкой.

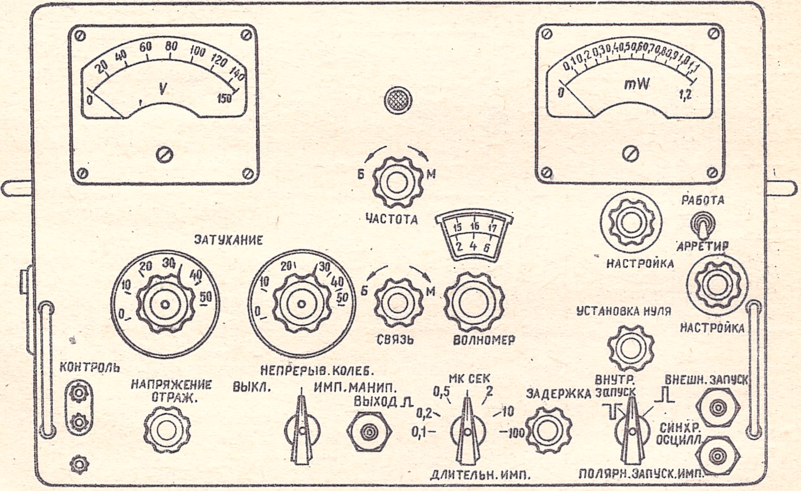

0
20
40
60
80
100
120
140
150
V
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1
0
1,2
mW
Б
М
ЧАСТОТА
15 16 17
2 4 6
РАБОТА
АРРЕТИР
НАСТРОЙКА
ЗАТУХАНИЕ
0 10 20 30 40 50
0 10 20 30 40 50
Б
М
СВЯЗЬ
ВОЛНОМЕР
УСТАНОВКА НУЛЯ
НАСТРОЙКА
КОНТРОЛЬ
НАПРЯЖЕНИЕ ОТРАЖ.
НЕПРЕРЫВ. КОЛЕБ.
ВЫКЛ.
ИМП. МАНИП.
ВЫХОД
МК СЕК
0,5
2
0,2
10
0,1
100
ДЛИТЕЛЬН. ИМП.
ЗАДЕРЖКА
ВНУТР. ЗАПУСК
ВНЕШН. ЗАПУСК
СИНХР. ОСЦИЛЛ.
ПОЛЯРН. ЗАПУСК. ИМП.

Рис. 190. Вид передней панели прибора Г4-2.

Высокочастотный выход генератора с другими приборами соединяется при помощи волноводно-коаксиальных переходов, входящих в комплект генератора (рис. 191).

Гнезда генератора «выход ⎍», «внешн. запуск» и «синхр. осцилл.» с другими приборами соединяются при помощи коаксиальных кабелей, также входящих в комплект генератора.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения переключателя силового трансформатора напряжению сети.
2. Установить переключатель «работа—арретир» в положение «арретир».
3. Установить переключатель «выкл.— непрерыв. колеб.— имп. манип.» в положение «выкл.».

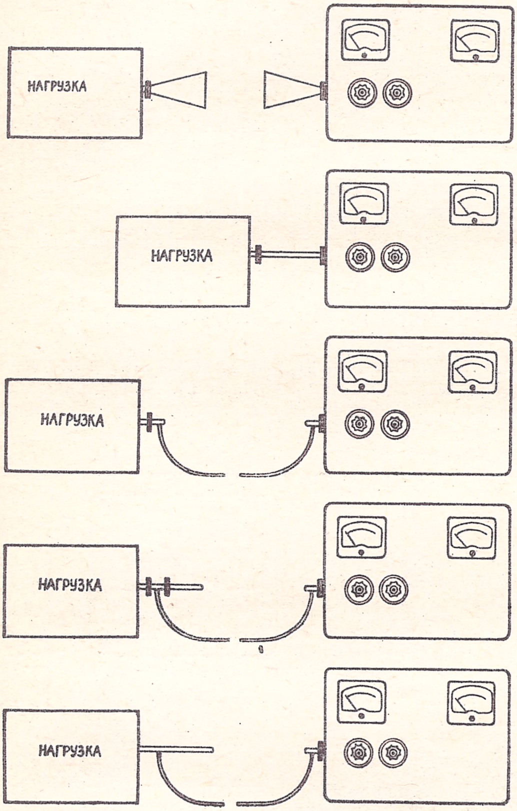


Рис. 191. Схемы соединения прибора Г4-2 с исследуемыми объектами.

4. Подключить кабель питания к сети.

Примечание. Не допускается работа генератора от сетей электропитания, в которых применена феррорезонансная стабилизация напряжения.

5. Включить питание, переведя ручку главного переключателя в положение «непрерыв. колеб.» (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 10 мин.

После прогрева прибора переключатель «работа — арретир» поставить в положение «работа» и ручкой «напряжение отраж.» установить напряжение, при котором стрелка прибора «mW» укажет наличие СВЧ мощности от генератора. Следует помнить, что клистронный генератор имеет несколько зон генерации при различных напряжениях на отражателе.

Для проверки установки нуля необходимо ручкой «напряжение отраж.» вывести генератор из режима генерации. Если после этого стрелка прибора окажется не на нуле, ручкой «установка нуля» установить ее на нуль. Затем, вращая ручку «напряжение отраж.», добиться максимальных показаний прибора измерителя мощности.

Если при изменении напряжения в положенных пределах на отражателе отклонение стрелки прибора будет очень малым или очень большим, то следует увеличить или уменьшить соответственно связь генераторной лампы с волноводом ручкой «связь» и подстроить терморезисторную камеру измерителя мощности ручками «настройка».

Установка номинальной мощности 1 мВт и регулировка выходной мощности

Убедившись в наличии СВЧ мощности от генератора, продолжать настройку терморезисторной камеры, добиваясь максимального отклонения стрелки прибора. При этом следует соблюдать следующую последовательность настройки:

сначала добиться максимального отклонения стрелки прибора вращением одной ручки «настройка», затем еще большего отклонения вращением другой ручки «настройка», после чего снова подстраивать первой ручкой «настройка».

Ручкой «связь» добиться установки стрелки прибора на 1 мВт. При этом на выходном фланце генератора будет мощность 1 мВт (при установке аттенюаторов на нулевое затухание). Выходную мощность изменяют двумя аттенюаторами, ручки и шкалы которых находятся на передней панели. Шкалы аттенюаторов отградуированы в децибелах.

При установке указателей обоих аттенюаторов на «0» на выход прибора подается мощность 1 мВт; при установке указателей на 50 дБ проходит мощность 0,1 пВт. Для любых промежуточных положений указателей аттенюаторов выходная мощность определяется по формуле

$$P_{\text{вых}} = 1 \cdot 10^{-\frac{A_1+A_2}{10}},$$

где A_1 и A_2 — показания указателей аттенюаторов, дБ.

Примечание. Такое значение выходной мощности, определяемое вышеописанным способом, гарантируется только при условии работы на согласованную нагрузку. При этом введение аттенюаторов изменяет показания прибора измерителя мощности не более чем на 5%. Точное значение затухания аттенюаторов при различных частотах следует определять по графикам.

Установка частоты генератора

Для установки заданной частоты генератора необходимо:

1. Найти по графику и установить на лимбе частотомера деление, соответствующее заданной частоте.
2. Медленно вращая ручку «частота» и следя за показаниями прибора измерителя мощности, ориентировочно установить минимальные показания прибора. Более точную подстройку частоты производить вращением ручки «напряжение отраж.» по минимальным показаниям прибора.
3. После установки частоты повернуть ручку частотомера на 2—3 оборота, чтобы частотомер не отсасывал мощность.

Измерение частоты генератора

Для измерения частоты генератора необходимо вращать ручку частотомера до положения, при котором на приборе измерителя мощности будет минимальное показание. Значение измеренной частоты определяется по показаниям лимба частотомера с дальнейшим переводом этих показаний в частоту по графику.

Примечание. Для повышения точности измерения частоты следует подходить к резонансу вращением ручки частотомера по часовой стрелке.

Частотомер генератора может настраиваться на одну и ту же частоту при различных положениях центрального стержня, при измерении частоты в начале и конце рабочего диапазона, поэтому необходимо убедиться в правильности определения частоты. Для этого необходимо поворотом ручки «частота» определить, вблизи какого упора (правого или левого) находится эта ручка. Если ручка «частота» находится вблизи левого упора, то частоту необходимо отсчитывать по меньшему значению делений лимба, если вблизи правого упора, то по большему значению делений лимба частотомера. После измерения частоты необходимо повернуть ручку частотомера на 2—3 оборота.

Работа с прибором

Для работы в режиме непрерывных колебаний необходимо:

1. Подготовить прибор к работе и подключить к выходному фланцу согласованную нагрузку.

2. Установить необходимую частоту генератора.

3. Установить необходимую мощность колебаний на выходе.

Для работы импульсно-модулированными колебаниями с внутренней модуляцией необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Установить заданную частоту генератора.

3. Установить мощность СВЧ колебаний по прибору 1 мВт.

4. При работе «на возбуждение» колебаний следует, заметив величину напряжения на отражателе по прибору, соответствующему отдаче номинальной мощности 1 мВт в режиме непрерывных колебаний, увеличить показание прибора ручкой «напряжение отраж.» точно на величину амплитуды модулирующего импульса данного прибора (см. формуляр). При работе «на срыв» колебаний напряжение отражателя остается равным напряжению отражателя в режиме непрерывных колебаний.

5. Поставить переключатель «полярн. запуск. имп.» в положение «внутр. запуск».

6. Перевести переключатель «непрерыв. колеб.» в положение «имп. манип.».

7. Для контроля отдаваемой мощности в импульсном режиме поставить переключатель «длительн. имп.» в положение «100 мксек». При работе генератора «на возбуждение» показания прибора измерителя мощности должны соответствовать 0,1 мВт, в режиме работы «на срыв» — 0,9 мВт.

8. Переключателем «длительн. имп.» установить необходимую длительность импульса.

Примечание. Значения длительности импульсов, выгравированные на передней панели, соответствуют длительностям импульсов при работе «на возбуждение».

При работе «на срыв» длительность генерируемых импульсов определяется как разность периода следования импульсов и длительности импульса, указываемой переключателем «длительн. имп.».

9. При необходимости работы с задержкой генерируемых импульсов задержку изменяют ручкой «задержка».

Для работы импульсно-модулированными колебаниями с внешней модуляцией необходимо:

1. Подключить выход внешнего генератора модулирующих импульсов к гнезду «внешн. запуск».

2. Подготовить прибор к работе в импульсном режиме.

3. Переключатель «полярн. запуск. имп.» установить в положение «⊓» при положительной полярности импульсов внешнего генератора или в положение «⊔» при отрицательной полярности импульсов внешнего генератора.

4. Работать с прибором, как описано в пунктах при внутренней модуляции.

Для работы с непосредственной модуляцией СВЧ генератора от внешнего источника необходимо:

1. Подключить выход внешнего генератора модулирующих импульсов к гнезду «выход ⊓».

2. Подготовить прибор Г4-2 к работе в режиме непрерывных колебаний.

3. Все необходимые регулировки производить органами управления внешнего генератора.

Для использования генератора в качестве источника импульсов необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Поставить переключатель «непрерыв. колеб.» в положение «имп. манип.».

3. Импульсное напряжение снимать с гнезда «выход. ⊓».

4. Длительность импульсов установить переключателем «длительн. имп.».

5. При необходимости работы с внешней синхронизацией источник синхронизирующих импульсов следует подключить к гнезду «внешн. запуск». При этом переключатель «полярн. запуск. имп.» должен быть установлен в положение, соответствующее полярности запускающих импульсов.

При работе от внутреннего запускающего мультивибратора переключатель «полярн. запуск. имп.» должен быть установлен в положение «внутр. запуск».

Генератор стандартных сигналов ГК4-3

Предназначен для проверки и регулировки радиотехнических устройств, работающих в десятисантиметровом диапазоне волн. Он может быть применен в лабораторных и полевых условиях в качестве генератора стандарт-сигнала, резонансного частотомера и измерителя мощности.

Основные технические характеристики

1. Диапазон генерируемых частот 2700—3100 МГц (длина волны от 11 до 9,7 см).

2. Погрешность установки частоты генератора ±0,5%.

3. Выходная мощность генератора может быть установлена в пределах от 10^{-4} до 10^{-13} Вт.

4. Выход генератора рассчитан на подключение коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом (стандартной фишкой).

5. Генератор работает:

немодулированными колебаниями;

импульсно-модулированными колебаниями с длительностью импульсов от 0,3 до 2 мкс и частотой повторения от 200 до 2000 Гц при внутреннем и внешнем запуске. Для внешнего запуска необходимы импульсы любой полярности длительностью от 1 до 20 мкс при частоте следования от 200 до 2000 Гц с амплитудой от 20 до 200 В. При внешнем запуске импульсы генератора могут быть задержаны относительно запускающих на время от 5 до 200 мкс;

импульсно-модулированными колебаниями прямоугольной формы со скважностью 2 (меандр) при частоте повторения 1000 Гц.

6. Диапазон измеряемых резонансным частотомером частот 2700—3100 МГц.

7. Погрешность измерения частоты не более ±0,05%.

8. Вход частотомера — коаксиальная фишка 50-омного коаксиального кабеля.

9. Диапазон измерения мощности 1—200 мВт.

10. Погрешность измерения мощности ±1,5 дБ.

11. Вход измерителя мощности тот же, что и для частотомера.

12. С клемм «выходные импульсы» прибора ГК4-3 можно снять видеоимпульсы, модулирующие генератор, с амплитудой до 12—15 В, а с гнезда «внешний запуск» — с амплитудой до 120 В (отрицательной полярности).

13. Питание от сети переменного тока частотой от 50 до 800 Гц напряжением 100, 127 и 220 В. Допускаются колебания напряжения сети в пределах ±10%. Потребляемая мощность 170 Вт.

Схема прибора

Структурная схема прибора типа ГК4-3 содержит (рис. 192) генератор ВЧ сигналов с аттенюатором, модулятор, схему запуска (блокинг-генератор, усилитель, схему задержки, генератор импульсов), генератор импульсов «меандр» (со скважностью 2), измеритель мощности с аттенюатором, частотомер, блок питания.

Принципиальная схема прибора ГК4-3 приведена на рис. 193.

Генератор высокой частоты, резонансная система которого представляет собой бикоаксиальный контур, работает на лампе $Л_7$. Генератор на рабочую частоту настраивается изменением отрезка линии анодного контура ручкой, выведенной на переднюю панель (рис. 194) и обозначенной «частота генератора». Уровень мощности генератора регулируется изменением величины напряжения на аноде потенциометром R_{65}, ручка которого на передней панели обозначена «установка уровня мощности». Колебания высокой частоты от генератора подаются на измеритель мощности и на выходное гнездо через переменный аттенюатор предельного типа с емкостной связью. Величина затухания регулируется ручкой «аттенюатор генератора».

Уровень мощности высокочастотных колебаний контролируется мостовой схемой, в одно из плеч которой включается терморезистор T_1. Схема измерителя мощности описана ниже.

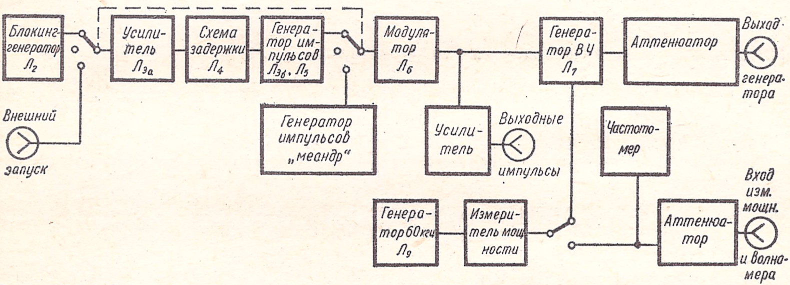


Рис. 192. Структурная схема прибора ГК4-3.

Модулятор работает на лампе $Л_6$ и служит для импульсной модуляции высокочастотного генератора. В зависимости от вида работы на управляющую сетку модулятора подаются импульсы из блока формирования модулирующих импульсов или от генератора импульсов со скважностью 2. Импульсы из анодной цепи модулятора подаются на катод генераторной лампы. Кроме того, импульсы с нагрузки модулятора подаются на выходной катод синхронизирующих импульсов.

Вид работы генератора устанавливается переключателем $П_1$, ручка которого на передней панели обозначена «импульс—назатухающ.—меандр».

Блок формирования модулирующих импульсов состоит из генератора запуска, диодного ограничителя, переключателя полярности импульсов внешнего запуска, спусковой схемы с дифференцирующей цепью, усилителя-ограничителя, каскада формирования импульсов.

Блокинг-генератор схемы запуска работает на лампе $Л_{2а}$. При работе с внутренним запуском частота генерируемых импульсов регулируется изменением сопротивления R_3, ручка которого на передней панели обозначена «частота импульсов». При установке переключателя $П_2$ в положение «калибр. импульса» частота импульсов, генерируемых блокинг-генератором, постоянна (4000 Гц).

Диодный ограничитель (лампа $Л_{2б}$) обеспечивает прохождение к последующим каскадам схемы импульсов только отрицательной полярности. Эти импульсы через каскад внешнего запуска (усилитель на лампе $Л_{3а}$) запускают спусковую схему, представляющую собой ждущий мультивибратор с катодной связью, работающий на лампе $Л_4$. Длительность прямоугольных импульсов, вырабатываемых этой схемой, можно регулировать изменением сопротивления R_{14} ручкой «время задержки».

Импульсы после спусковой схемы дифференцируются цепочкой C_9, R_9 и поступают на усилитель-ограничитель, работающий на лампе $Л_{3б}$. Режим усилителя выбран так, что он пропускает только положительный импульс (соответствующий

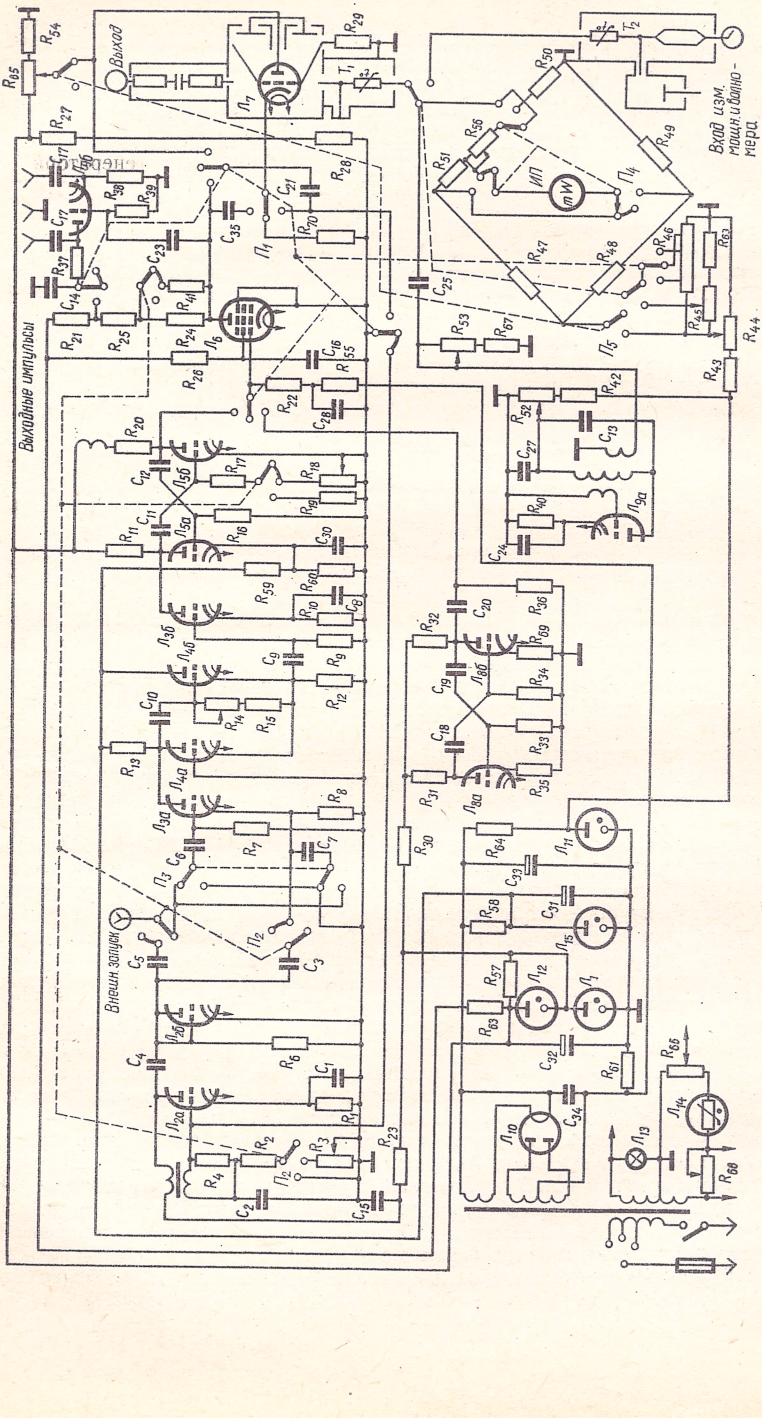

Выход
Выходные импульсы
Внешн. запуск
Вход изм. мощн. и волно-мера
ИП
mW
Л1
Л2а
Л2б
Л3а
Л3б
Л4а
Л4б
Л5а
Л5б
Л6
Л7
Л8а
Л8б
Л9а
Л10
Л11
Л12
Л13
Л14
Л15
П1
П2
П3
П4
П5
Т1
Т2
R54
R65
R27
R29
R28
R70
R38
R39
R37
R41
R21
R25
R24
R26
R55
R22
R20
R17
R18
R19
R11
R16
R59
R60
R10
R9
R12
R14
R15
R13
R8
R7
R6
R4
R2
R3
R1
R23
R50
R56
R51
R49
R47
R48
R46
R63
R45
R44
R43
R53
R67
R52
R42
R40
R36
R32
R69
R34
R33
R35
R31
R30
R64
R58
R57
R61
R66
R68
C17
C14
C23
C35
C21
C16
C28
C12
C11
C30
C8
C9
C10
C6
C7
C5
C3
C4
C1
C2
C15
C25
C27
C13
C24
C20
C19
C18
C33
C31
C32
C34

Рис. 193. Принципиальная схема прибора ГК4-3.

заднему фронту импульса спусковой схемы), запускающий схему формирования прямоугольных импульсов. Эта схема выполнена на лампе $Л_5$ и представляет собой ждущий мультивибратор с анодной связью. В исходном состоянии лампа $Л_{5а}$ заперта напряжением, снимаемым с сопротивления R_{60}. Длительность импульсов, вырабатываемых схемой, регулируется изменением сопротивления R_{18}, ручка которого на передней панели обозначена «продолжит. импульсов».

При установке переключателя в положение «калибр. импульса» схема вырабатывает импульсы постоянной длительности (60 мкс). Импульсы с анодной нагрузки лампы $Л_{5б}$ подаются на модулятор (при установке переключателя вида работы $П_3$ в положение «импульс»).

При работе с внешним запуском импульсы внешнего генератора подаются на клемму «внешний запуск» и через переключатель полярности $П_3$ поступают на управляющую сетку или катод лампы $Л_{3а}$ в зависимости от их полярности. Последующие каскады работают, как и при внутреннем запуске. Блокинг-генератор при этом выключается.

Генератор импульсов со скважностью 2 работает на лампе $Л_8$ по схеме симметричного мультивибратора. Импульсы с анодной нагрузки R_{32} подаются на модулятор (при установке переключателя вида работы в положение «меандр»).

Выходной каскад синхронизирующих импульсов собран на лампе $Л_{9б}$ по схеме усилителя с анодной R_{37} и катодной R_{38} нагрузками. Импульсы с нагрузок через разделительные конденсаторы C_{17} подводятся к клеммам «выходные импульсы».

Измеритель мощности прибора собран по схеме моста с терморезистором T_2 в одном из плеч. Три других плеча образованы сопротивлениями R_{47}, R_{48} и R_{49}.

Последовательно с терморезистором включаются в плечо сопротивления R_{51} и R_{56}. Мост питается от общего выпрямителя с потенциометра R_{44}, ручка которого на передней панели обозначена «установка нуля». В измерительную диагональ включается микроамперметр $ИП$ (mW). Баланс моста, калибровку его и измерение мощности производят следующим образом.

Сначала микроамперметр переключают ($П_4$) из диагонали к сопротивлению R_{51}, а вместо терморезистора включают образцовое сопротивление R_{50}. Регулировкой напряжения питания схемы (с сопротивления R_{44}) устанавливают мощность рассеяния на сопротивлении R_{50}, принимая ее за исходную (по установке стрелки прибора на нуль по нижней шкале прибора). Затем вместо сопротивления R_{50} в схему включают терморезистор T_2. Сопротивление терморезистора устанавливают равным образцовому сопротивлению подачей на него мощности от специального генератора, работающего на лампе $Л_{9а}$ по схеме с трансформаторной связью. Установку осуществляют потенциометром R_{52} и переменным сопротивлением R_{53}, ручки которых на передней панели обозначены соответственно «грубо» и «точно», после чего схема готова к измерению мощности.

Для окончательной проверки баланса переключатель моста ставят в положение «установка баланса», микроамперметр включают в диагональ моста и баланс уточняют сопротивлением R_{53}, устанавливая стрелку против красной риски.

Для измерения мощности энергию высокочастотных колебаний подают на терморезистор T_2, баланс моста нарушается. Для восстановления баланса уменьшают мощность подогрева терморезистора постоянным током, регулируя потенциометром R_{45}, ручка которого обозначена «установка баланса».

Схему переводят переключателем в положение «отсчет», вместо терморезистора включают снова образцовое сопротивление R_{50}, а микроамперметр подключают параллельно сопротивлению R_{51}. Его показания при этом будут соответствовать мощности высокочастотных колебаний, действующей на терморезистор (при нулевом затухании входного аттенюатора). Высокочастотная мощность, подаваемая на терморезистор, регулируется переменным аттенюатором поглощающего типа, ручка которого на передней панели обозначена «аттенюатор волн и изм. мощности».

95. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа ГК4-3

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-1	2,7 кОм	R_{60}	ВС-1	1,5 кОм
R_2	ВС-0,5	15 кОм	R_{61}	ПЭ-20	200 Ом
R_3	СП-I-1А	470 кОм	R_{63}	ПЭ-15	1,5 кОм
R_4	ВС-0,5	5,6 кОм	R_{64}	ПЭ-15	8 кОм
R_6	ВС-0,5	27 кОм	R_{65}	Специальный	20 кОм
R_7	ВС-0,5	6,8 МОм	R_{66}	Проволочный	53 Ом
R_8	ВС-0,5	47 кОм	R_{67}	ВС-0,5	220 Ом
R_9—R_{11}	ВС-0,5	10 кОм	R_{68}	Проволочный	470 Ом
R_{12}	ВС-0,5	820 Ом	R_{69}	ВС-0,5	6,8 кОм
R_{13}	ВС-1	33 кОм	R_{70}	ВС-0,25	51 Ом
R_{14}	СП-I-2А	100 кОм	T_1, T_2	Т8С1-М	—
R_{15}	ВС-0,5	1,2 кОм	C_1	КБГ-М2	0,05 мкФ
R_{16}	ВС-0,25	1 Ом	C_2	КСО-5	6800 пФ
R_{17}	ВС-0,25	1 кОм	C_3	КСО-2	510 пФ
R_{18}	СП-I-2А	15 кОм	C_4	КБГ-М2	0,05 мкФ
R_{19}	ВС-0,25	560 кОм	C_5	КСО-5	1500 пФ
R_{20}	ВС-1	3 кОм	C_6, C_7	КСО-2	510 пФ
R_{21}	ВС-2	2,2 кОм	C_8	КСО-5	2000 пФ
R_{22}	ВС-0,25	1 МОм	C_9	КСО-2	510 пФ
R_{23}	ВС-1	10 кОм	C_{10}	КСО-5	1000 пФ
R_{24}	ВС-0,5	510 Ом	C_{11}	КСО-1	51 пФ
R_{25}	ВС-2	4,3 кОм	C_{12}	КСО-5	1000 пФ
R_{26}	ВС-2	47 кОм	C_{13}	КСО-5	1500 пФ
R_{27}	ВС-0,5	100 кОм	C_{14}	КЭГ-1-В	20 мкФ; 450 В
R_{28}	ВС-0,5	100 кОм	C_{15}	КБГ-М2	0,25 мкФ
R_{29}	ВС-0,25	5,6 кОм	C_{16}	КВГ-МП-2Н	0,5 мкФ
R_{30}	ВС-1	18 кОм	C_{17}	КВГ-МП-2Н	1 мкФ
R_{31}, R_{32}	ВС-0,5	24 кОм	C_{18}	КСО-5	1500 пФ
R_{33}	ВС-0,25	200 кОм	C_{19}	КСО-5	3000 пФ
R_{34}	ВС-0,25	510 кОм	C_{20}	КБГ-МП-2Н	0,5 мкФ
R_{35}	ВС-0,25	10 кОм	C_{21}	КБГ-М2	0,1 мкФ
R_{36}	ВС-0,5	100 кОм	C_{23}	КБГ-М2	0,25 мкФ
R_{37}, R_{38}	ВС-1	1 кОм	C_{24}	КБГ-М2	0,05 мкФ
R_{39}	ВС-0,25	560 кОм	C_{25}	КБГ-М2	0,01 мкФ
R_{40}	ВС-0,5	1 кОм	C_{27}	КБГ-М2	0,05 мкФ
R_{41}	ВС-1	68 Ом	C_{28}	КБГ-МП-2Н	0,5 мкФ
R_{42}	ВС-0,25	1 кОм	C_{30}	КСО-2	510 пФ
R_{43}	ПЭ-15	5 кОм	C_{31}, C_{32}	КЭГ-1-НН	10 мкФ; 300 В
R_{44}, R_{45}	—	3 кОм	C_{33}	КЭГ-1-В	20 мкФ; 450 В
R_{46}	Проволочный	637 Ом	C_{34}	КБГ-МП-2Н	0,25 мкФ
R_{47}	»	122,5 Ом	C_{35}	КБГ-МН	1 мкФ
R_{48}	»	117 Ом	$Л_1$	СГ4С	—
R_{49}, R_{50}	»	122,5 Ом	$Л_2$—$Л_5$	6Н8С	—
R_{51}	»	7310 Ом	$Л_6$	6П9	—
R_{52}	СП-I-2А	100 кОм	$Л_7$	6С5Д	—
R_{53}	СП-I-2А	1 кОм	$Л_8$, $Л_9$	6Н8С	—
R_{54}	ВС-2	33 кОм	$Л_{10}$	5Ц3С	—
R_{55}	ВС-0,25	4,7 кОм	$Л_{11}$, $Л_{12}$	СГ3С	—
R_{56}	Проволочный	12 Ом	$Л_{13}$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{57}	ВС-0,25	1 МОм	$Л_{14}$	1-Б-5-9	—
R_{58}	ПЭ-15	5 кОм	$Л_{15}$	СГ4С	—
R_{59}	ВС-2	8,2 кОм	*ИП*	М-24	100 мкА, 750 Ом

Аналогично работает схема измерителя мощности и при индикации мощности внутреннего генератора, с той лишь разницей, что вместо терморезистора T_2 включают T_1, а место потенциометра R_{45} включают часть сопротивления R_{46}. Стрелка микроамперметра на красную риску устанавливается потенциометром R_{65} (переключатель $П_5$ при этом должен быть установлен в положение «измер.»).

При работе в импульсном режиме переключатель $П_2$ должен быть в положении «калибр. импульса». При этом длительность импульса и частота следования соответствуют чувствительности индикатора измерителя мощности.

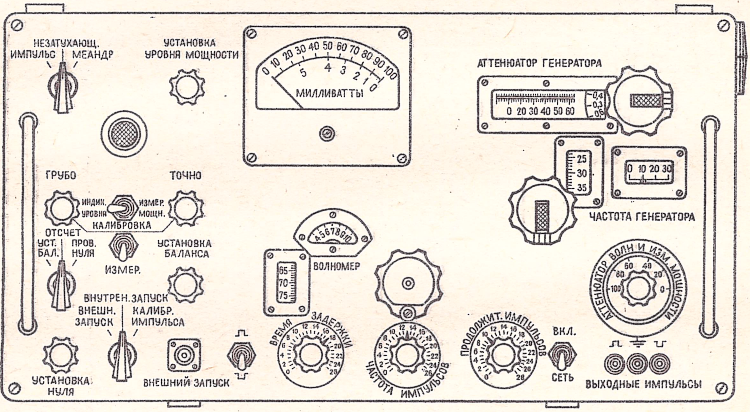

НЕЗАТУХАЮЩ.
ИМПУЛЬС
МЕАНДР
УСТАНОВКА УРОВНЯ МОЩНОСТИ
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
5 4 3 2 1 0
МИЛЛИВАТТЫ
АТТЕНЮАТОР ГЕНЕРАТОРА
0 20 30 40 50 60
0,4 0,3 0,6
25 30 35
0 10 20 30
ЧАСТОТА ГЕНЕРАТОРА
ГРУБО
ТОЧНО
ИНДИК. УРОВНЯ
ИЗМЕР. МОЩН.
КАЛИБРОВКА
ОТСЧЕТ
УСТ. БАЛ.
ПРОВ. НУЛЯ
ИЗМЕР.
УСТАНОВКА БАЛАНСА
45678910
65 70 75
ВОЛНОМЕР
ВНУТРЕН. ЗАПУСК
ВНЕШН. ЗАПУСК
КАЛИБР. ИМПУЛЬСА
УСТАНОВКА НУЛЯ
ВНЕШНИЙ ЗАПУСК
ВРЕМЯ ЗАДЕРЖКИ
ЧАСТОТА ИМПУЛЬСОВ
ПРОДОЛЖИТ. ИМПУЛЬСОВ
ВКЛ.
СЕТЬ
АТТЕНЮАТОР ВОЛН И ИЗМ. МОЩНОСТИ
100 80 60 40 20 0
ВЫХОДНЫЕ ИМПУЛЬСЫ

Рис. 194. Вид передней панели прибора ГК4-3.

Частотомер выполнен в виде четвертьволнового резонатора коаксиального типа, настраиваемого в резонанс изменением длины центрального стержня ручкой, обозначенной «волномер». При настройке в резонанс частотомер шунтирует терморезисторную камеру, в результате чего уменьшается попадаемая на терморезистор высокочастотная мощность, а на индикаторе измерителя мощности устанавливаются минимальные показания.

Вход частотомера и измерителя мощности общий.

Блок питания представляет собой двухполупериодный выпрямитель на лампе $Л_{10}$ со стабилизацией напряжения лампами $Л_1$, $Л_{11}$, $Л_{12}$ и $Л_{15}$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа ГК4-3 приведена в табл. 95.

Подготовка прибора к работе

В комплект прибора входит собственно прибор, кабель питания, высокочастотный кабель (РК-6), кабель для подключения внешних источников запускающих импульсов, антенна, таблицы и графики.

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 194). Выходное гнездо генератора и входное гнездо измерителя мощности и частотомера выведены на правую боковую стенку.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в том, что переключатель силового трансформатора (на задней стенке) установлен в соответствии с напряжением сети.
2. При работе в помещении открыть две откидные крышки на задней стенке кожуха прибора.
3. Среднюю клемму «выходные импульсы» заземлить.
4. Переключатель сети установить в положение выключено.

5. Подключить кабель питания к колодке прибора (на задней стенке) и к сети.

6. Ручку «установка уровня мощности» повернуть влево до упора.

7. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 5 мин.

Работа прибора генератором сигналов

Для работы генератора в режиме немодулированных колебаний необходимо:

1. Переключатель рода работы поставить в положение «незатухающ.».

2. Переключатель синхронизации и калибровки установить в положение «калибр. импульса».

3. Переключатель схемы измерителя мощности поставить в положение «отсчет».

4. Переключатель измерителя мощности установить в положение «индик. уровня».

5. Подготовить прибор к работе.

6. Ручкой «установка нуля» поставить стрелку прибора на нуль по нижней шкале.

7. Переключатель схемы измерителя мощности перевести в положение «пров. нуля».

8. Ручками калибровка «грубо» и «точно» установить стрелку прибора на нуль по нижней шкале.

9. Переключатель схемы измерителя мощности перевести в положение «уст. бал.».

10. Ручкой калибровка «точно» установить стрелку прибора против красной риски на нижней шкале. Если ручкой «точно» этого сделать не удается, то установку производить ручкой «грубо» и «точно».

11. Ручкой «частота генератора» установить по шкалам требуемую частоту генератора, пользуясь графиком, хранящимся в крышке прибора.

12. Переключатель «измер.—калибровка» перевести в положение «измер.».

13. Ручкой «установка уровня мощности» установить стрелку прибора на красную риску по нижней шкале.

14. Ручкой «аттенюатор генератора» установить требуемый уровень мощности на выходе прибора. При установке указателя ручки аттенюатора на нуль выходная мощность прибора соответствует 10 мкВт.

Уровень мощности выше 10 мкВт устанавливается по указателю аттенюатора против красных рисок. Величина мощности определяется по графику прибора. Уровень мощности ниже 10 мкВт устанавливается по указателю аттенюатора против черных рисок. Шкала аттенюатора показывает, на сколько децибел уровень выходной мощности ниже 10 мкВт.

15. Соединить гнездо «выход генератора» (на правой боковой стенке) с исследуемым объектом кабелем, входящим в комплект прибора.

Для работы импульсно-модулированными колебаниями с внутренним запуском необходимо:

1. Переключатель вида работы установить в положение «импульс».

2. Выполнить пп. 2—12 для режима немодулированных колебаний.

3. Переключатель синхронизации и калибровки установить в положение «калибр. импульса».

4. Ручку «время задержки» установить в крайнее левое положение.

5. Ручкой «установка уровня мощности» установить стрелку прибора против красной риски на нижней шкале.

6. Переключатель синхронизации и калибровки перевести в положение «внутр. запуск». При этом стрелка прибора должна отклониться влево от красной риски.

7. Ручкой «продолжит. импульсов» установить требуемую длительность импульсов, руководствуясь графиком прибора.

8. Ручкой «частота импульсов» установить необходимую частоту следования импульсов, руководствуясь графиком прибора.

9. Ручкой «аттенюатор генератора» установить требуемый уровень мощности на выходе прибора. При установке указателя аттенюатора на «0» выходная мощность прибора равна 10 мкВт.

Уровень мощности выше 10 мкВт устанавливается по указателю аттенюатора и показывает, на сколько децибел уровень выходной мощности выше 10 мкВт.

Для получения меньших погрешностей установки величины выходной мощности следует контролировать уровень мощности генератора. Для этого необходимо переключатель синхронизации и калибровки перевести в положение «калибр. импульса» и ручкой «установка уровня мощности» (при необходимости) установить стрелку прибора против красной риски, после чего переключатель синхронизации и калибровки перевести в положение «внутр. запуск».

Для работы генератора импульсно-модулированными колебаниями с внешним запуском необходимо:

1. Выполнить пп. 1—5 для режима импульсно-модулированных колебаний с внутренним запуском.

2. Соединить кабелем, входящим в комплект прибора, выход внешнего источника запускающих импульсов с гнездом «внешний запуск».

3. Переключатель синхронизации и калибровки перевести в положение «внешн. запуск».

4. Переключатель полярности запускающих импульсов «⊓» и «⊔» установить в соответствии с полярностью запускающих импульсов.

5. Ручкой «продолжит. импульсов» установить требуемую длительность импульса, руководствуясь графиком прибора.

6. При необходимости задержки импульсов генератора относительно запускающих время задержки устанавливается ручкой «время задержки», руководствуясь графиком прибора. Следует иметь в виду, что этот график действителен только для импульса длительностью 1 мкс и амплитудой 40 В.

7. Уровень выходной мощности устанавливается и контролируется, как описано в п. 9 режима импульсно-модулированных колебаний с внутренним запуском, с той лишь разницей, что после контроля уровня переключатель синхронизации и калибровки устанавливается в положение «внешн. запуск».

Для работы импульсно-модулированными колебаниями со скважностью 2 необходимо:

1. Переключатель вида работы установить в положение «меандр».

2. Проделать пп. 2—15 для режима немодулированных колебаний.

Измерение мощности

Для измерения мощности исследуемого генератора необходимо:

1. С помощью соответствующих переходных устройств добиться согласования выхода генератора с ваттметром, имеющим входное сопротивление 50 Ом. Входное гнездо измерителя мощности находится на правой стенке прибора (нижнее).

2. В соответствии с величиной измеряемой мощности установить затухание аттенюатора частотомера и измерителя мощности, руководствуясь графиком. Установка определенного затухания соответствует установке множителей к показаниям ваттметра, установка ручки аттенюатора на «0» соответствует установке множителя, равного 1(×1). В этом случае показание индикатора ваттметра (по нижней шкале) соответствует величине измеряемой мощности.

Множители «×5, ×10, ×50» устанавливаются ручкой по графику прибора. Максимальные показания индикатора ваттметра в этом случае соответственно равны 25, 50 и 250 мВт.

Если величина измеряемой мощности неизвестна (но не выше 250 мВт), ручку аттенюатора волн и измерителя мощности следует поставить в крайнее левое положение.

3. Переключатель «измер.—калибровка» установить в положение «калибровка».

4. Переключатель схемы измерителя мощности установить в положение «отсчет».

5. Переключатель измерителя мощности поставить в положение «измер. мощн.».

6. Подготовить прибор к работе.

7. Ручкой «установка нуля» поставить стрелку прибора на нуль по нижней шкале.

8. Переключатель схемы измерителя мощности перевести в положение «пров. нуля».

9. Ручками калибровки «грубо» и «точно» установить стрелку прибора на нуль по нижней шкале.

10. Переключатель схемы измерителя мощности перевести в положение «уст. бал.» (установка баланса).

11. Ручкой «точно» установить стрелку прибора против красной риски по нижней шкале. Если этого достичь не удается, установку следует производить ручками «грубо» и «точно».

12. Ручку «волномер» поставить в крайнее левое положение.

13. Переключатель «измер.— калибровка» поставить в положение «измер.».

14. Включить исследуемый генератор.

15. Ручкой «установка баланса» установить стрелку прибора против красной риски по нижней шкале.

16. Переключатель схемы измерителя мощности перевести в положение «отсчет».

17. Отсчитать величину мощности по нижней шкале прибора. Величина измеряемой мощности определяется умножением показаний прибора на множитель, установленный по графику аттенюатора.

В случае, если показания прибора малы, следует уменьшить затухание аттенюатора и повторить операции пп. 15, 16.

Измерение частоты

Для измерения частоты внешнего генератора необходимо:

1. Ручку аттенюатора частотомера и измерителя мощности поставить в крайнее левое положение.

2. Переключатель «измер.— калибровка» установить в положение «калибровка».

3. Переключатель схемы измерителя мощности установить в положение «отсчет».

4. Переключатель измерителя мощности установить в положение «измер. мощн.».

5. Подготовить прибор к работе.

6. Ручкой «установка нуля» поставить стрелку прибора на нуль по нижней шкале.

7. Переключатель схемы измерителя мощности перевести в положение «пров. нуля».

8. Ручками «грубо» и «точно» установить стрелку прибора на нуль по нижней шкале.

9. Переключатель схемы измерителя мощности перевести в положение «уст. бал.».

10. Ручкой «точно», а при необходимости и ручкой «грубо» установить стрелку прибора против красной риски по нижней шкале.

11. Входное гнездо частотомера (гнездо «вход волномера и измерителя мощности» на правой стенке прибора) соединить с исследуемым объектом.

При мощности генератора до 250 мВт, частота которого измеряется, соединение может быть выполнено непосредственно кабелем, входящим в комплект прибора. Если мощность генератора больше 250 мВт, то частотомер с генератором соединяется специальной антенной, подключаемой к кабелю прибора ГК4-3.

12. Регулируя связь (изменением расстояния между антенной и источником) и затухание аттенюатора, установить стрелку прибора примерно на середину шкалы.

13. Ручкой настройки частотомера добиться максимального отклонения стрелки прибора в сторону красной риски.

Значение измеряемой частоты определяется по градуировочной таблице прибора в соответствии с показаниями шкал частотомера.

Для измерения частоты внутреннего генератора необходимо:

1. Подготовить прибор для работы генератора в режиме немодулированных колебаний (пп. 1—13).
2. Ручкой «аттенюатор генератора» установить минимальное ослабление мощности генератора.
3. Кабелем из комплекта прибора соединить гнезда «выход генератора» и «вход волномера и измерителя мощности» (оба на правой стенке прибора).
4. Ручку аттенюатора частотомера и измерителя мощности поставить в крайнее правое положение («0»).
5. Переключатель измерителя мощности перевести в положение «измер. мощн.».
6. Ручкой «грубо» установить стрелку примерно в средней части шкалы.
7. Ручкой «волномер» добиться максимальных показаний по нижней шкале прибора.
8. По шкале частотомера и по градуировочной таблице прибора определить измеряемую частоту.

Генератор стандартных сигналов ГК4-4

Предназначен для проверки и регулировки радиотехнических устройств, работающих в метровом диапазоне. Он может быть применен в лабораторных и заводских условиях, а также на контрольно-ремонтных станциях в качестве генератора сигнала, измерителя мощности, частотомера.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот генератора 100—375 МГц.
2. Погрешность установки частоты не превышает ±1%.
3. Стабильность частоты при непрерывной генерации за 5 мин после тридцатиминутного прогрева составляет 0,02%.
4. Выходное напряжение высокой частоты при непрерывной генерации и импульсной модуляции можно регулировать в пределах от 1 до 100 000 мкВ.
5. Погрешность установки амплитуды выходного напряжения не превышает ±18%.
6. Выход генератора в виде стандартной фишки рассчитан на подключение нагрузки 75 Ом специальным кабелем длиной 1 м. Коэффициент стоячей волны нагрузочного сопротивления, измеренный через придаваемый к прибору кабель, не более 1,2.
7. Качество экранировки генератора таково, что напряженность поля около прибора, создаваемого генератором, не превышает 1,5 мкВ/м.
8. Генератор сигналов может работать в режиме:

непрерывной генерации (незатухающие колебания);
синусоидальной модуляции;
внешней импульсной модуляции;
импульсной модуляции с внешней синхронизацией;

импульсной модуляции с внутренней синхронизацией;

модуляции прямоугольными импульсами со скважностью 2.

9. Синусоидальная модуляция осуществляется от внешнего генератора с частотой от 100 до 10 000 Гц. Входное сопротивление прибора для модулирующего генератора составляет не менее 1000 Ом (при частоте 1000 Гц).

10. При импульсной модуляции прибор дает высокочастотные импульсы длительностью от 1 до 10 мкс с частотой следования 100—2000 Гц. Погрешность калибровки длительности импульсов $\pm 0{,}33\,\tau \pm 0{,}5$ мкс. Погрешность калибровки частоты следования $\pm 0{,}33\,\tau \pm 50$ Гц.

Время нарастания импульсов от уровня 0,1 до 0,9 амплитуды составляет 0,7 мкс; время спадания 0,6 мкс.

Для внешней модуляции импульсы должны быть с амплитудой от 25 до 130 В. Входное сопротивление прибора для модулирующего генератора составляет 1000 Ом.

11. Для внешней синхронизации импульсы должны быть с амплитудой от 25 до 150 В при длительности от 1 до 10 мкс.

Входное сопротивление для синхронизирующего генератора не менее 40 кОм.

12. При работе в режиме импульсной модуляции выходные синхронизирующие импульсы прибора могут быть любой полярности амплитудой 5 В. Выходное сопротивление около 2000 Ом.

13. В приборе предусмотрена задержка выходных импульсов относительно синхронизирующих на время от 1 до 200 мкс. Погрешность установки времени задержки $+0{,}2\,\tau \pm 0{,}5$ мкс.

14. В режиме работы импульсами со скважностью 2 частота их следования 1000 ± 50 Гц.

15. Пределы измерения мощности от 1 мВт до 1 Вт при непрерывной генерации и до 6000 Вт при импульсной модуляции (со скважностью 6000).

16. Погрешность измерения мощности +70%.

17. Мощность измеряется в диапазоне частот от 150 до 375 МГц.

18. Частотомер измеряет частоту в диапазоне от 150 до 375 МГц. Средняя добротность контура частотомера равна 200.

19. Погрешность измерения частоты ±0,5%.

20. В комплект прибора ГК4-4 входит антенная система, что дает возможность использовать прибор в качестве передатчика и приемника.

21. Прибор ГК4-4 нормально работает при температурах от —10 до +40° С и относительной влажности до 70%.

22. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127, 220 В ± 10% и частотой 400—800 Гц напряжением 115 В + 3%.

23. Мощность, потребляемая от сети, не более 150 Вт.

24. Прибор сохраняет свои характеристики при непрерывной работе в течение 8 ч.

Схема прибора

Структурная схема прибора ГК4-4 (рис. 195) содержит генератор высокой частоты с аттенюатором, модуляционную часть (блокинг-генератор, усилитель, схему задержки, генератор импульсов, модулятор), измеритель мощности, частотомер, ламповый вольтметр, блок питания.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 196.

Генератор высокой частоты работает на лампе $Л_8$ по трехточечной схеме с емкостной обратной связью. Контур генератора представляет собой двухпроводную линию, замкнутую на одном конце и нагруженную конденсатором переменной емкости C_{26} на другом. Настраивается генератор на заданную частоту изменением емкости конденсатора C_{26}, ручка которого выведена на переднюю панель (рис. 197) и обозначена «генератор сигналов».

Диапазоны генератора переключаются замыканием части линии переключателем $П_4$, ручка которого на передней панели обозначена «диапазоны».

Высокочастотная энергия генератора передается на емкостный делитель, образованный конденсатором C_{29} и монтажной емкостью, а затем через переменный аттенюатор предельного типа (А) — на гнездо «выход ген. сигн.».

Уровень мощности генератора в режиме непрерывной генерации устанавливается регулировкой анодного напряжения, снимаемого с потенциометра R_{48}, ручка которого на передней панели обозначена «уровень выхода ВЧ».

В режиме внутренней модуляции уровень устанавливается регулировкой напряжения на экранных сетках модуляторных ламп ($Л_6$ и $Л_7$) тем же потенциометром R_{48}, а при внешней импульсной модуляции — потенциометром R_{13}, находящимся на одной ручке с потенциометром R_{48}.

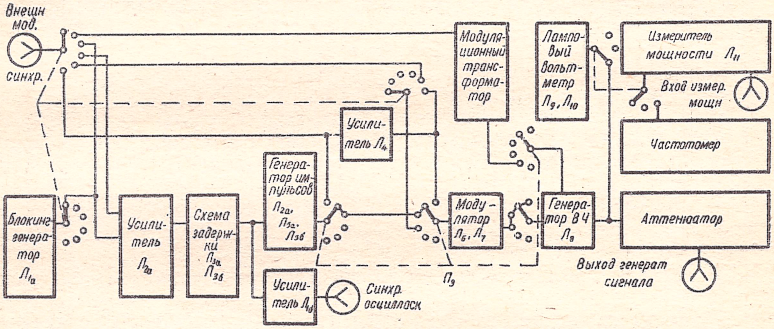

Внешн мод.
синхр.
Модуляционный трансформатор
Ламповый вольтметр $Л_9, Л_{10}$
Измеритель мощности $Л_{11}$
Вход измер. мощн
Частотомер
Усилитель $Л_4$
Генератор импульсов $Л_{2а}$, $Л_{5а}$, $Л_{3б}$
Блокинг генератор $Л_{1а}$
Усилитель $Л_{2а}$
Схема задержки $Л_{3а}$ $Л_{3б}$
Модулятор $Л_6, Л_7$
Генератор ВЧ $Л_8$
Аттенюатор
Выход генерат сигнала
$П_9$
Усилитель $Л_{б}$
Синхр. осциллоск

Рис. 195. Структурная схема прибора ГК4-4.

Уровень мощности генератора измеряется ламповым вольтметром, работающим на лампах $Л_9$ и $Л_{10}$. Каскад на лампе $Л_9$ представляет амплитудный детектор, на лампе $Л_{10}$ — индикатор продетектированного напряжения на мостовой схеме, одно из плеч которой образовано сопротивлением лампы постоянному току. Генератор из одного режима в другой переводится переключателем $П_3$.

Модуляционная часть содержит: синхронизатор, усилитель импульсов для синхронизации внешних устройств, фазовращатель внешних синхронизирующих импульсов, мультивибратор задержки, усилитель-ограничитель, мультивибратор модулирующих импульсов, предварительный усилитель импульсов со скважностью 2, модулятор.

Синхронизатор представляет собой блокинг-генератор, работающий на лампе $Л_{1а}$, импульсы которого определяют частоту следования высокочастотных импульсов прибора. Частота блокинг-генератора изменяется переменным сопротивлением R_3, ручка которого на передней панели обозначена «частота имп.». При работе прибора импульсами со скважностью 2 частота блокинг-генератора постоянная (1000 Гц).

Импульсы от блокинг-генератора (с сопротивления R_5) подаются на лампу $Л_{2а}$ (в режиме внутренней синхронизации), усиливаются и подаются на усилитель, работающий на лампе $Л_{1б}$.

После усилителя, в зависимости от требуемой полярности, импульс с анодной R_9 или катодной R_8 нагрузок через переключатель $П_1$ подводится к гнезду «синхронизация осциллоск.». Одновременно импульс с нагрузки усилителя на лампе $Л_{2а}$ запускает схему задержки. Эта схема представляет собой мультивибратор на лампе $Л_3$. В исходном состоянии лампа $Л_{3а}$ закрыта напряжением, снимаемым с сопротивления R_{16}. Приходящий синхронизирующий импульс запускает мультивибратор, который вырабатывает импульс длительностью, определяемой постоянной времени цепочки C_{10}, R_{19}, R_{20}, R_{21}.

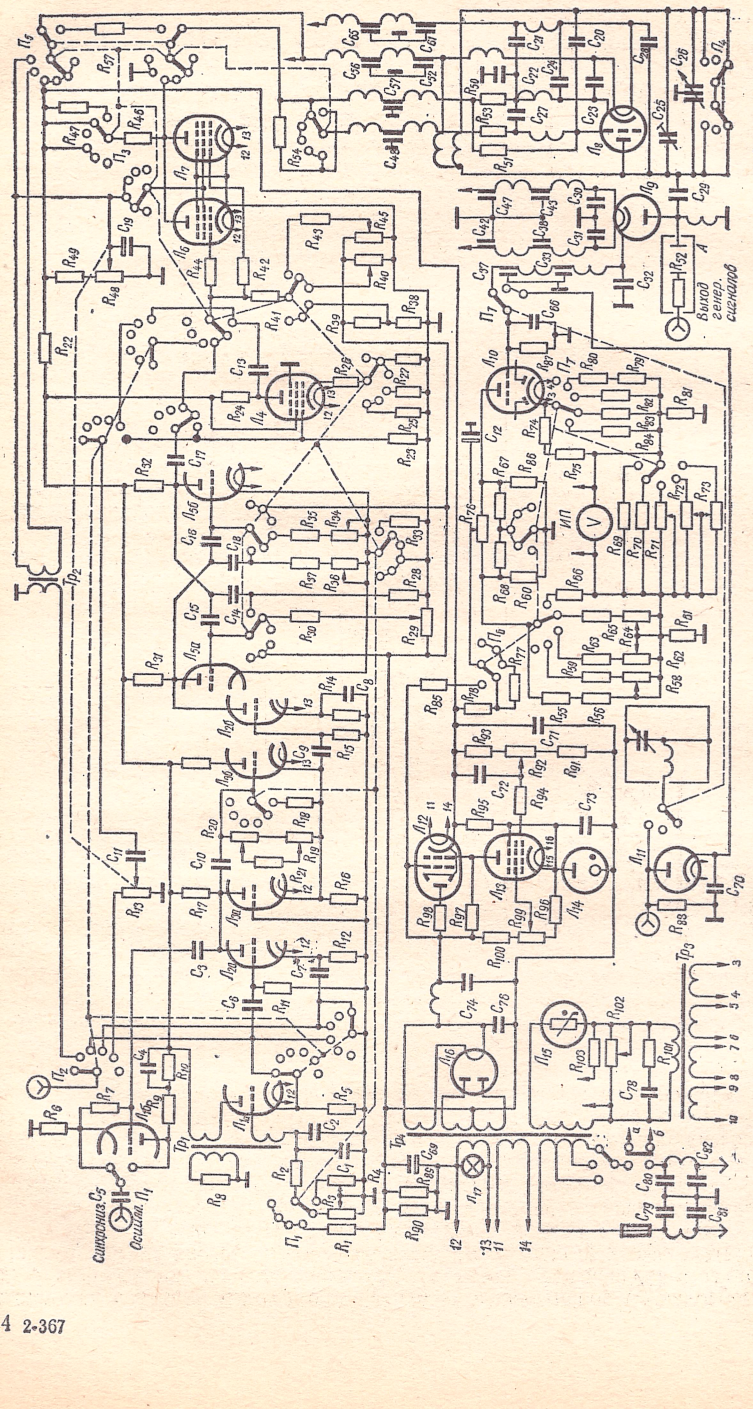

Синхрониз. С5
осцилл. П1
Выход генер. сигналов
ИП
Тр1
Тр2
Тр3
Тр4
П1
П2
П3
П4
П5
П6
П7
Л1а
Л1б
Л2а
Л2б
Л3а
Л3б
Л4
Л5а
Л5б
Л6
Л7
Л8
Л9
Л10
Л11
Л12
Л13
Л14
Л15
Л16
Л17
А
а
б
12
13
11
14
3
5 4
7 6
9 8
10

Рис. 196. Принципиальная схема прибора ГК4-4.

Величина постоянной времени регулируется изменением сопротивлений R_{19} и R_{20} одной ручкой, выведенной на переднюю панель с обозначением «задержка». Импульс мультивибратора с сопротивления R_{16} через дифференцирующую цепочку C_9R_{15} подается на усилитель-ограничитель, работающий на лампе $Л_{2б}$. Этот каскад пропускает только импульсы, соответствующие заднему фронту импульса мультивибратора задержки. Таким образом обеспечивается получение задержки модулирующих импульсов относительно синхронизирующих. В режиме импульсной модуляции со скважностью 2 мультивибратор задержки переводится в режим усилителя подключением R_{18}.

Импульсы после усилителя-ограничителя запускают мультивибратор модулирующих импульсов, работающий на лампе $Л_5$. Длительность импульсов, вырабатываемых мультивибратором, регулируется переменным сопротивлением R_{34}, ручка которого на передней панели обозначена «ширина имп.». Модулирующие импульсы напряжения, снимаемые с сопротивления R_{32} (нагрузки лампы $Л_{5б}$), поступают на модулятор, где из них формируются импульсы прямоугольной формы, управляющие работой генератора высокой частоты. Модулятор работает на лампах $Л_6$ и $Л_7$, соединенных параллельно.

В режиме импульсной модуляции со скважностью 2 импульсы поступают на модулятор через предварительный усилитель, работающий на лампе $Л_4$.

При синхронизации от внешнего источника синхронизирующие импульсы, поданные на гнездо «внешн. мод. и синхрон.», в зависимости от полярности подаются ($П_2$) либо на сетку, либо на катод лампы $Л_{2а}$, работающей в этом случае фазовращателем. После него импульс отрицательной полярности закрывает лампу $Л_{3б}$, запуская тем самым мультивибратор задержки. Остальная часть схемы в этом случае работает аналогично работе при внутренней синхронизации.

При внешней импульсной модуляции положительные модулирующие импульсы подаются непосредственно на модулятор, а отрицательные — через предварительный усилитель, работающий на лампе $Л_4$.

При синусоидальной модуляции модулирующее напряжение поступает на модуляционный трансформатор $Тр_2$, вторичная обмотка которого включается в анодную цепь генераторной лампы.

Измеритель мощности в приборе ГК4-4 работает по принципу измерения напряжения на известном сопротивлении R_{88}. Напряжение на нем измеряется пиковым диодным вольтметром, работающим на лампе $Л_{11}$. Напряжение с нагрузки детектора (R_{87}) подается на индикатор, работающий по мостовой схеме с лампой $Л_{10}$ в одном из плеч (мостовая схема та же, что и для вольтметра уровня несущей высокочастотного генератора). Три других плеча образованы сопротивлениями R_{61}, R_{81} и R_{55} с R_{56} (на пределе измерения 3 В).

Мост питается от общего выпрямителя. Баланс моста устанавливается перераспределением частей потенциометра R_{76} между плечами моста. Ручка регулировки на передней панели обозначена «установка нуля вольтметра».

Изменяются пределы измерения вольтметра переключателем $П_6$, ручка которого на передней панели обозначена «шкала вольтметра». Переключение мостовой схемы от детектора вольтметра генератора к детектору измерителя мощности внешнего источника производится переключателем вида работы прибора $П_7$. Выход исследуемого генератора подключается к фишке «вход измер. мощности».

Частотомер в приборе ГК4-4 резонансного типа. Контур частотомера образован отрезком концентрической линии (140 мм), замкнутой на одном конце и нагруженной конденсатором переменной емкости на другом. Связь частотомера с исследуемым объектом осуществляется через гнездо «вход измер. мощности».

Индикатором резонанса служит вольтметр измерителя мощности ($Л_{11}$ и $Л_{10}$), измеряющий напряжение на сопротивлении R_{88}. При настройке в резонанс показания вольтметра уменьшаются на 20—25% от максимального (за счет наибольшего шунтирования сопротивления R_{88} сопротивлением контура частотомера при резонансе).

96. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа ГК4-4

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,25	100 кОм	R_{53}	ВС-0,25	390 Ом
R_2	ВС-0,25	30 кОм	R_{54}	ВС-0,25	2,7 кОм
R_3	СП-I-1А	1 МОм	R_{55}	ВС-0,25	300 Ом
R_4	СП-II-2А	100 кОм	R_{56}	ВС-0,25	5,1 МОм
R_5	ВС-0,25	51 Ом	R_{57}	СПЭ-1	5 кОм
R_6	ВС-0,25	2,2 кОм	R_{58}	СП-II-2А	1 МОм
R_7	ВС-0,25	1 кОм	R_{59}	ВС-0,25	1,2 МОм
R_8	ВС-0,25	3,3 кОм	R_{60}	ВС-0,5	1 МОм
R_9	ВС-0,25	2,2 кОм	R_{61}	Проволочный	2 кОм
R_{10}	ВС-1	15 кОм	R_{62}	СП-II-2А	330 кОм
R_{11}, R_{12}	ВС-0,25	47 кОм	R_{63}	ВС-0,25	300 кОм
R_{13}	СП-I-1А	156 кОм	R_{64}	СП-II-2А	100 кОм
R_{14}	ВС-0,25	33 кОм	R_{65}	ВС-0,25	100 кОм
R_{15}	ВС-0,25	6,8 кОм	R_{66}	ВС-0,25	51 кОм
R_{16}	ВС-0,5	820 Ом	R_{67}	ВС-0,5	270 кОм
R_{17}	ВС-0,25	22 Ом	R_{68}	ВС-0,25	270 кОм
R_{18}	ВС-0,25	3 Ом	R_{69}—R_{73}	Специальный	5 кОм
R_{19}	СП-I-2А	330 Ом	R_{74}	ВС-0,25	200 кОм
R_{20}	СП-I-2А	15 Ом	R_{75}	ВС-0,25	1 МОм
R_{21}	ВС-0,25	2,2 Ом	R_{76}	СП-I-2А	100 кОм
R_{22}	СПЭ	2 Ом	R_{77}	ВС-0,5	68 кОм
R_{23}	ВС-0,25	470 Ом	R_{78}	ВС-0,5	10 кОм
R_{24}	ВС-0,5	1,5 кОм	R_{79}	ВС-0,25	27 кОм
R_{25}	ВС-0,25	33 кОм	R_{80}	ВС-0,25	510 кОм
R_{26}	ВС-0,25	200 Ом	R_{81}	Проволочный	20 кОм
R_{27}	ВС-0,25	1,8 кОм	R_{82}	»	114 кОм
R_{28}	ВС-0,25	1 МОм	R_{83}	»	32 кОм
R_{29}	СП-II-2А	47 кОм	R_{84}	»	6,6 кОм
R_{30}	ВС-0,25	1 МОм	R_{85}	ВС-0,5	150 кОм
R_{31}	ВС-0,5	56 кОм	R_{86}	ВС-0,5	1 МОм
R_{32}	ВС-1	2,2 кОм	R_{87}	ВС-1	200 МОм
R_{33}	ВС-0,25	1 кОм	R_{88}	УНУ-2	75 Ом
R_{34}	СП-I-2А	100 кОм	R_{89}, R_{90}	ВС-2	1,2 кОм
R_{35}	ВС-0,25	2,7 кОм	R_{91}	ВС-1	62 кОм
R_{36}	СП-II-2А	150 кОм	R_{92}	—	16,7 кОм
R_{37}	ВС-0,25	330 кОм	R_{93}	ВС-2	200 кОм
R_{38}	ВС-0,25	27 кОм	R_{94}	ВС-0,25	470 Ом
R_{39}	ВС-0,25	22 кОм	R_{95}	ВС-2	27 кОм
R_{40}	СП-II-2А	47 кОм	R_{96}	ВС-1	5,1 кОм
R_{41}	ВС-0,25	200 кОм	R_{97}	ВС-1	1 МОм
R_{42}	ВС-0,25	100 Ом	R_{98}	СПЭ-1	1,2 кОм
R_{43}	ВС-0,25	820 кОм	R_{99}	Специальный	16,7 кОм
R_{44}	ВС-0,25	100 кОм	R_{100}	ВС-2	200 кОм
R_{45}	СП-II-2А	47 кОм	R_{101}	СПЭ-1	125 Ом
R_{46}	ВС-0,5	680 Ом	R_{102}	Специальный	140 Ом
R_{47}	ВС-2	10 кОм	R_{103}	ВС-2	22 Ом
R_{48}	Специальный	35 кОм	C_1	КСО-5	3000 пФ
R_{49}	СПЭ-1	4 кОм	C_2	КСО-5	10 000 пФ
R_{50}	ВС-0,25	200 Ом	C_3	КСО-1	51 пФ
R_{51}	ВС-0,25	6,8 кОм	C_4	КБГ-И	0,05 мкФ
R_{52}	УНУ-0,5	75 кОм	C_5	КБГ-М2	0,1 мкФ

Продолжение табл. 96

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_6, C_7	КСО-2	470 пФ	C_{49}	КТП-2-М	20 пФ
C_8	КСО-5	1500 пФ	C_{52}, C_{56}	КТП-6-Д	300 пФ
C_9	КСО-2	150 пФ	C_{57}	КТП-2-М	20 пФ
C_{10}	КСО-2	560 пФ	C_{61}, C_{65}	КТП-6-Д	300 пФ
C_{11}	КБГ-М2	0,1 мкФ	C_{66}	КСО-5	1500 пФ
C_{12}	КЭ-2-М	20мкФ	C_{69}	КЭ-2-М	50 мкФ
C_{13}	КБГ-М2	0,1 мкФ	C_{70}	Конструктивный	200 пФ
C_{14}	КСО-5	1000 пФ	C_{71}	КБГ-МН	1 мкФ
C_{15}	КСО-2	330 пФ	C_{72}	КБГ-М2	0,1 мкФ
C_{16}	КСО-1	68 пФ	C_{73}, C_{74}, C_{76}, C_{78}	КБГ-МН	2 мкФ
C_{17}	КБГ-М2	0,1 мкФ			
C_{18}	КСО-5	1000 пФ	C_{79}—C_{82}	КСО-2	200 пФ
C_{19}	КЭ-2-М	10мкФ	$Л_1$—$Л_3$	6Н8С	—
C_{20}	Конструктивный	25 пФ	$Л_4$	6П9	—
C_{21}	»	30 пФ	$Л_5$	6Н8С	—
C_{22}	»	30 пФ	$Л_6$, $Л_7$	6П9	—
C_{23}, C_{24}	»	20 пФ	$Л_8$	12С3С	—
C_{25}	»	0,5—1,5 пФ	$Л_9$	2Д1С	—
C_{26}	»	2—13 пФ	$Л_{10}$	6Г7	—
C_{27}	»	30 пФ	$Л_{11}$	2Д1С	—
C_{28}	КДК-1-М	2 пФ	$Л_{12}$	6П3С	—
C_{29}	Конструктивный	0,5—1,5 пФ	$Л_{13}$	6Ж8	—
C_{30}, C_{31}	»	50 пФ	$Л_{14}$	СГ2С	—
C_{32}	»	200 пФ	$Л_{15}$	1Б-10-17	—
C_{33}, C_{37}, C_{38}, C_{42}, C_{43}, C_{47}	КТП-6-Д	300 пФ	$Л_{16}$	5Ц4С	—
			$Л_{17}$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
			$ИП$	Микроамперметр	

Блок питания представляет собой двухполупериодный выпрямитель на лампе $Л_{16}$ с электронным стабилизатором на лампах $Л_{12}$, $Л_{13}$ и $Л_{14}$.

Лампа генератора высокой частоты, вольтметр и управляющая лампа стабилизатора питаются от специального трансформатора $Тр_3$ через бареттер $Л_{15}$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа ГК4-4 приведена в табл. 96.

Подготовка прибора к работе

В комплект прибора входит собственно прибор, кабель питания, высокочастотные кабели РК-1 с фишками (2 шт.), малоемкостные соединительные кабели для импульсной работы (2 шт.), насадка к соединительному кабелю, нагрузочное сопротивление (75 Ом), пробники к частотомеру (емкостный и индуктивный), антенна на мачте с треногой, оттяжками и высокочастотным кабелем РК-1 (6 м).

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 197).

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в том, что предохранитель-переключатель сети стоит в положении, соответствующем напряжению сети. При работе переменного тока частотой 400—800 Гц напряжением 115 В переключатель должен быть установлен в положение «127 в».

2. Ручку «уровень выхода ВЧ» установить в крайнее левое положение.

3. Переключатель рода работы прибора установить в положение «генер. сигнал.».

4. Переключатель питания генератора ВЧ установить в положение «выкл.».
5. Переключатель пределов вольтметра установить в положение «10».
6. Переключателем «диапазоны» и ручкой установки частоты генератора установить частоту, на которой предполагаются исследования.
7. Выход генератора или вход измерителя мощности соединить высокочастотным кабелем с объектом исследования.
8. Переключатель сети установить в положение «выкл.».
9. Подключить кабель питания к колодке и к сети.

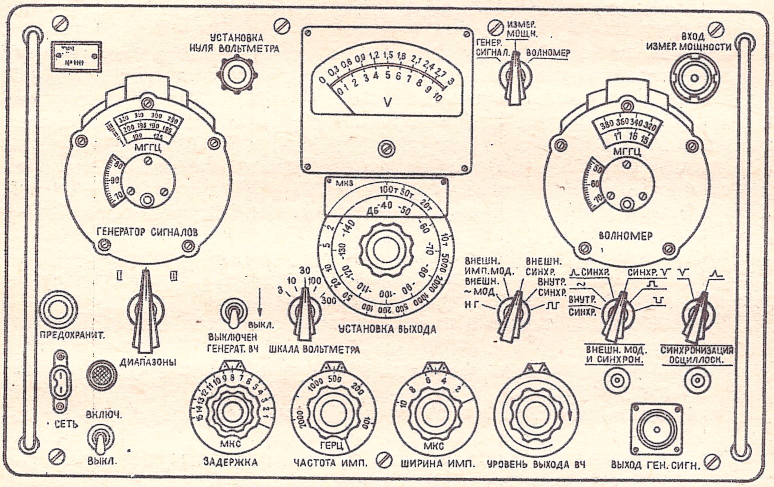

УСТАНОВКА НУЛЯ ВОЛЬТМЕТРА
V
ИЗМЕР. МОЩН.
ГЕНЕР. СИГНАЛ.
ВОЛНОМЕР
ВХОД ИЗМЕР. МОЩНОСТИ
МГГЦ
ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ
МГГЦ
ВОЛНОМЕР
МКВ
ДБ
I
II
30
10
100
3
300
ВНЕШН. ИМП. МОД.
ВНЕШН. ~МОД.
НГ
ВНЕШН. СИНХР.
ВНУТР. СИНХР.
СИНХР.
ВНУТР. СИНХР.
ВНЕШН. МОД. И СИНХРОН.
СИНХРОНИЗАЦИЯ ОСЦИЛЛОСК.
ПРЕДОХРАНИТ.
ДИАПАЗОНЫ
ВЫКЛ.
ВЫКЛЮЧЕН ГЕНЕРАТ. ВЧ
ШКАЛА ВОЛЬТМЕТРА
УСТАНОВКА ВЫХОДА
СЕТЬ
ВКЛЮЧ.
ВЫКЛ.
МКС
ЗАДЕРЖКА
ГЕРЦ
ЧАСТОТА ИМП.
МКС
ШИРИНА ИМП.
УРОВЕНЬ ВЫХОДА ВЧ
ВЫХОД ГЕН. СИГН.

Рис. 197. Вид передней панели прибора ГК4-4.

Работа прибора генератором сигналов

Для работы в режиме непрерывной генерации необходимо:
1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель вида работы генератора установить в положение «НГ».
3. Включить питание, переведя переключатель сети в положение «включ.» (при этом должна загореться сигнальная лампочка), и дать прибору прогреться в течение 5—10 мин.
4. Ручкой «установка нуля вольтметра» установить стрелку прибора на нуль.
5. Включить питание высокочастотного генератора переключателем «генерат. ВЧ».
6. Ручкой «уровень выхода ВЧ» установить стрелку вольтметра на красную риску (в середине шкалы).
7. Ручкой «установка выхода» установить требуемое значение выходной мощности или напряжения.

Выходная мощность (напряжение) отсчитывается по лимбу ручки «установка выхода», где она нанесена в децибелах относительно 1 Вт (в микровольтах).

Примечание. При работе с уровнем мощности 40—60 дБ вследствие реакции аттенюатора необходимо контролировать установку уровня выхода (п. 6).

Для работы в режиме синусоидальной модуляции необходимо:
1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель вида работы генератора установить в положение «~ мод.».

3. Переключатель модуляции и синхронизации установить в положение «∼».

4. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 5—10 мин.

5. Ручкой «установка нуля вольтметра» установить стрелку прибора на нуль.

6. Включить питание высокочастотного генератора переключателем «генерат. ВЧ».

7. Ручкой «уровень выхода ВЧ» установить стрелку вольтметра на красную риску.

8. Соединить гнездо «внешн. мод. и синхрон.» с источником модулирующего напряжения.

9. Изменением величины модулирующего напряжения установить необходимый коэффициент модуляции. Отсчитывается модуляция по показаниям вольтметра. При этом положение стрелки на красной риске (5 В) соответствует глубине модуляции 0%, а на 10 В — 100%. Остальные значения определяются интерполяцией.

Для получения 50%-ной глубины модуляции необходимо модулирующее напряжение 15—20 В эффективного значения.

Для работы в режиме импульсной модуляции с внутренней синхронизацией необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель вида работы генератора установить в положение «внутр. синхр.».

3. Переключатель модуляции и синхронизации установить в положение «внутр. синхр.».

4. Ручками «частота имп.» и «ширина имп.» установить требуемую частоту и длительность импульсов.

5. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 5—10 мин.

6. Ручкой «установка нуля вольтметра» установить стрелку прибора на нуль.

7. Включить питание высокочастотного генератора переключателем «генерат. ВЧ».

8. Ручкой «уровень выхода ВЧ» установить уровень выхода с учетом поправки на скважность, которая берется по графику в инструкции к прибору. Найденное по кривой значение напряжения должно поддерживаться во всем диапазоне частот генератора.

Примечание. Для контроля модулирующих импульсов может быть использован осциллограф со ждущей разверткой, подключаемый к гнезду «синхронизация осциллоск.». При необходимости полярность снимаемых импульсов можно изменить переключателем полярности синхронизирующих импульсов.

Для работы в режиме импульсной модуляции с внешней синхронизацией необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель вида работы генератора установить в положение «внешн. синхр.».

3. Переключатель модуляции и синхронизации установить в положение «⊓» (при положительной полярности модулирующих импульсов) или в положение «⊔» (при отрицательных импульсах).

4. Гнездо «внешн. мод. и синхрон.» соединить с источником синхронизирующего напряжения.

5. Выполнить пп. 4—8 для работы генератора в режиме с внутренней синхронизацией.

Для работы в режиме внешней импульсной модуляции необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель вида работы генератора установить в положение «внешн. имп. мод.».

3. Переключатель модуляции и синхронизации установить в положение «⊓» (при положительной полярности модулирующих импульсов) или в положение «⊔» (при отрицательных импульсах).

4. Гнездо «внешн. мод. синхрон.» соединить с источником модулирующих импульсов.

5. Выполнить пп. 4—8 для работы генератора в режиме с внутренней синхронизацией.

Для работы в режиме внутренней модуляции прямоугольными импульсами со скважностью 2 необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель вида работы генератора установить в положение «⊓⊔».

3. Переключатель модуляции и синхронизации установить в положение «внутр. синхр.».

4. Проделать пп. 5—7 для работы генератора в режиме импульсной модуляции с внутренней синхронизацией.

5. Ручкой «уровень выхода ВЧ» установить уровень выхода без каких-либо поправок на скважность.

Измерение мощности

Мощность можно измерять как при непосредственном подключении прибора ГК4-4 к исследуемому объекту, так и при использовании антенной системы (измерение относительной мощности).

Для измерения мощности при непосредственном подключении прибора к объекту исследования необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель рода работы прибора установить в положение «измер. мощн.».

3. Переключатель «шкала вольтметра» установить в положение, соответствующее величине измеряемой мощности, руководствуясь выражением

$$U = \sqrt{150 P_{\text{ср}}}.$$

Если величина мощности неизвестна, то переключатель «шкала вольтметра» установить в положение «300».

4. Ручкой «установка нуля вольтметра» установить стрелку прибора на нуль.

5. Подключить выход исследуемого объекта к фишке «вход измер. мощности».

6. Включить исследуемый объект.

7. Ручкой «шкала вольтметра» добиться показаний прибора во второй половине шкалы.

Величину измеряемой мощности определяют по формулам:
для режима непрерывной генерации

$$P_{\text{ср}} = \frac{U^2}{150};$$

для режима импульсной модуляции

$$P_{\text{ср}} = \frac{K^2 U^2}{150 Q},$$

где U — показания вольтметра, В; Q — скважность импульсной передачи; K — поправочный коэффициент на скважность к показаниям вольтметра, определяется по графику к прибору.

Работа с прибором при измерении относительной мощности аналогична работе при непосредственном измерении с той лишь разницей, что к фишке «вход измер. мощности» подключается специальным кабелем антенна. При необходимости антенна может быть установлена на мачте. Перед измерением антенну настраивают. Для этого устанавливают длину диполей и настраивают шлейф по делениям в соответствии с графиком в инструкции к прибору.

Измерение частоты

При измерении частоты прибор ГК4-4 подготавливают к работе, как и для измерения мощности, лишь переключатель рода работы прибора устанавливается в положение «волномер».

Связь прибора с исследуемым генератором осуществляется антенной или кабелем с петлей связи, придаваемыми к прибору.

Для измерения частоты необходимо:

1. Подбором положения антенны или витка связи добиться максимальных показаний вольтметра «V» во второй половине шкалы, изменяя при необходимости пределы измерения вольтметра ручкой «шкала вольтметра». Оставить антенну в этом положении.

2. Ручкой настройки «волномер» добиться уменьшения показаний вольтметра. Настройка в резонанс определяется по минимальным показаниям вольтметра.

Величину измеренной частоты определяют по шкале ручки «волномер» непосредственно в мегагерцах.

Генератор стандартных сигналов Г4-5

Служит источником сигналов дециметрового диапазона волн при регулировке и поверке радиотехнических схем и приборов этого диапазона в лабораторных и цеховых условиях.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот 150—1000 МГц. Погрешность по частоте ±1,5%.

2. Нестабильность по частоте за 5 мин после 30-минутного прогрева не более 0,03%.

3. Прибор имеет два высокочастотных выхода с сопротивлением 75 Ом:

мощный — с регулируемой выходной мощностью от 0,1 мВт до 1,0 Вт;

микровольтный — калиброванный по напряжению от 1 мкВ до 0,1 В.

4. Погрешность установки выходного напряжения ±25%.

5. Генератор может работать в режиме:

непрерывной генерации (немодулированные колебания);

амплитудно-модулированных колебаний с модуляцией от внешнего и внутреннего источника синусоидального напряжения в диапазоне частот 200—8000 Гц (при мощности внешнего источника 3 Вт);

импульсно-модулированных колебаний с модуляцией от внешнего источника импульсов длительностью от 2 до 10 мкс при частоте следования 100—2000 Гц с внешней и внутренней синхронизацией;

импульсно-модулированных колебаний с модуляцией от внутреннего генератора импульсов со скважностью 2 (1 : 1) и частотой следования 1000 Гц ±10%.

6. При импульсной модуляции можно использовать схему задержки выходных высокочастотных импульсов относительно синхронизирующих: плавную — до 15, грубую — до 200 мкс.

7. Форма выходных импульсов: время нарастания не более 1,5 мкс; время спада не более 2 мкс на уровне от 0,1 до 0,9 амплитуды импульса.

8. Погрешность градуировки лимба «ширина имп.» (см. рис. 200) ±30% ± ± 1 мкс.

9. Погрешность калибровки частоты следования импульсов $\pm 0{,}3F \pm 100$ Гц (F — рабочая частота по шкале генератора).

Примечание. На частотах, меньших 250 МГц, форма импульса не гарантируется.

10. Генератор имеет выходной синхронизирующий импульс обеих полярностей с амплитудой не менее 2 В.

11. Прибор питается от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127, 220 В ± 10% или частотой 400—800 Гц напряжением 115 В ± 3%. Потребляемая мощность не более 270 Вт.

Схема прибора

Структурная схема генератора (рис. 198) содержит генератор высокой частоты с выходными аттенюаторами, модулятор, генератор импульсов, блокинг-генератор, усилители, ламповый вольтметр, блок питания.

Принципиальная схема генератора приведена на рис. 199. Генератор высокой частоты работает на лампе $Л_{13}$ по схеме с заземленной сеткой. В качестве колебательной системы генератора используются две концентрические короткозамкнутые линии длиной в четверть волны. Частота генератора регулируется изменением длины линии при помощи плунжеров (замыкателей), ручка которых выведена на переднюю панель («Мгц», рис. 200). В небольших пределах частоту подстраивают изменением емкости C_{30} (ручкой «расстройка»).

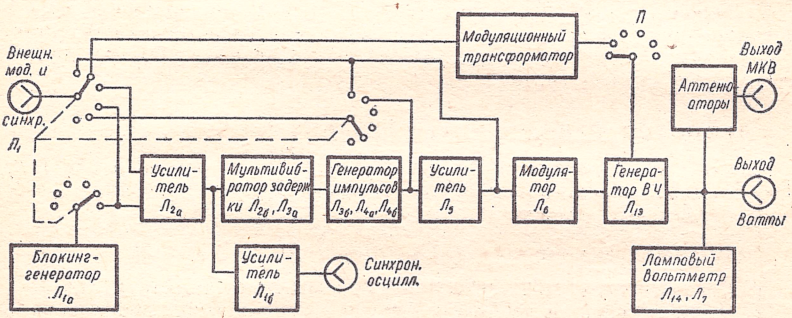

Модуляционный трансформатор
П
Внешн. мод. и синхр.
$П_1$
Выход МКВ
Аттенюаторы
Выход Ватты
Усилитель $Л_{2а}$
Мультивибратор задержки $Л_{2б}, Л_{3а}$
Генератор импульсов $Л_{3б}, Л_{4а}, Л_{4б}$
Усилитель $Л_5$
Модулятор $Л_6$
Генератор ВЧ $Л_{13}$
Блокинг-генератор $Л_{1а}$
Усилитель $Л_{1б}$
Синхрон. осцилл.
Ламповый вольтметр $Л_{14}, Л_7$

Рис. 198. Структурная схема прибора Г4-5.

Генератор имеет два раздельных выхода: мощный («ватты») и маломощный («мкв»). На мощный выход «выход—ватты» сигнал от генератора поступает через первый аттенюатор емкостного типа C_{37}, ручка которого на передней панели обозначена «установка выхода ВЧ».

На маломощный выход «выход—мкв» сигнал от генератора поступает после первого аттенюатора (C_{37}) через переменный аттенюатор предельного типа (C_{33}), ручка которого обозначена «установка выхода».

Уровень выходного напряжения (и мощности) определяется ламповым вольтметром, измеряющим напряжение сигнала после первого аттенюатора. Ламповый вольтметр состоит из амплитудного детектора, собранного на лампе $Л_{14}$, с нагрузкой R_{34} и мостовой схемы, одним из плеч которой является лампа $Л_7$. Диагональ моста подключается к потенциометру R_{56}, ручка которого на передней панели обозначена «установка нуля». Измеряемое напряжение после детектирования подается на сетку лампы $Л_7$ и нарушает баланс моста.

Генератор высокой частоты можно выключить переключателем $П_4$, ручка которого обозначена «выкл. ген. ВЧ». Постоянное напряжение подается на анод лампы генератора через модуляционный трансформатор $Тр_2$. Модулирующее напряжение (синусоидальное) на первичную обмотку трансформатора подается с гнезда «внешн. мод. и синхр.» при установке переключателя синхронизации $П_1$ в положение «~». Переключатель рода работы при положении «внешн. мод.» снимает постоянное напряжение с экранной сетки лампы модулятора $Л_6$. Ток лампы уменьшается. С сопротивлений, включенных в цепь катода лампы (R_{27}—R_{30} и R_{55}), на сетку лампы генератора подается нормальное напряжение смещения.

В режиме импульсной модуляции с внешней синхронизацией (переключатель $П_3$ в положении «внешн. имп. мод.») напряжение на экранной сетке лампы $Л_6$ нормальное и напряжение с сопротивлений R_{27}—R_{30}, R_{55} за счет тока лампы $Л_6$

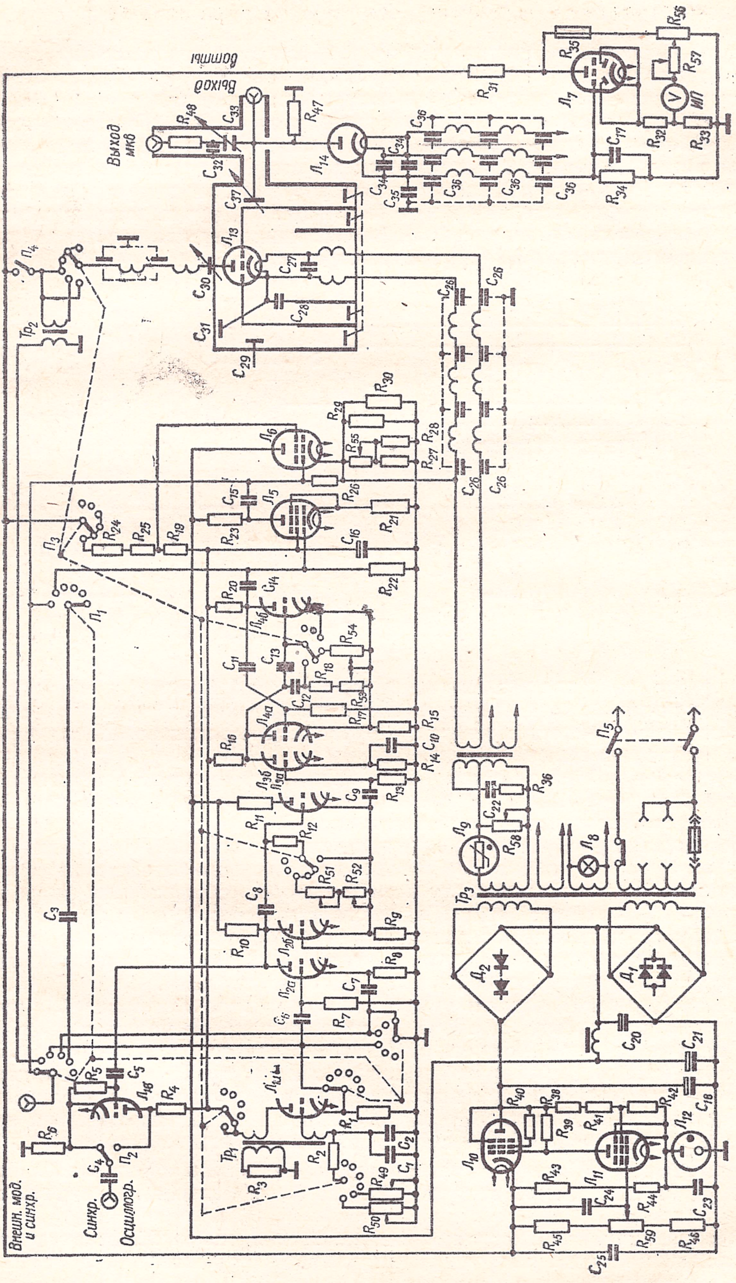

Внешн. мод. и синхр.
Синхр.
Осциллогр.
Выход мкв
Выход вольты
Тр1
Тр2
Тр3
Л1
Л2
Л3
Л4
П1
П2
П3
П4
П5
Л5
Л6
Л7
Л8
Л9
Л10
Л11
Л12
Л13
Л14
Л18
Д1
Д2
ИП
V

Рис. 199. Принципиальная схема прибора Г4-5.

97. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г4-5

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,25	50 Ом	R_{57}	СП-2А	6,8 кОм
R_2	ВС-0,25	30 кОм	R_{58}	ПЭВ-20х	330 Ом
R_3	ВС-0,25	3,3 кОм	R_{59}	СП-2А	15 кОм
R_4	ВС-1	15 кОм	C_1	КСО-5	3000 пФ
R_5	ВС-0,25	1 кОм	C_2	КСО-5	10000 пФ
R_6	ВС-0,25	3,3 кОм	C_3, C_4	КБГ-М	0,1 мкФ
R_7, R_8	ВС-0,25	47 кОм	C_5	КТК-1	51 пФ
R_9	ВС-0,5	820 Ом	C_6, C_7	КСО-2	470 пФ
R_{10}	ВС-0,25	22 кОм	C_8	КСО-2	680 пФ
R_{11}	ВС-1	3 кОм	C_9	КСО-2	150 пФ
R_{12}	ВС-0,25	3,3 кОм	C_{10}	КСО-5	1500 пФ
R_{13}	ВС-0,25	6,8 кОм	C_{11}	КСО-1	330 пФ
R_{14}	ВС-0,25	100 кОм	C_{12}	КСО-2	1000 пФ
R_{15}	ВС-0,5	1 кОм	C_{13}	КСО-2	120 пФ
R_{16}	ВС-0,5	5,6 кОм	C_{14}, C_{15}	КБГ-М	0,1 мкФ
R_{17}	ВС-0,25	1 МОм	C_{16}	КЭ-2	10 мкФ
R_{18}	ВС-0,25	680 кОм	C_{17}	КСО-5	3000 пФ
R_{19}, R_{20}	ВС-1	2,2 кОм	C_{18}	КБГ-МН	4 мкФ
R_{21}	ВС-1	330 Ом	C_{20}, C_{21}	КЭ-2	10 мкФ
R_{22}	ВС-0,25	470 кОм	C_{22}	КБГ-МН	2 мкФ
R_{23}	ВС-2	3 кОм	C_{23}	КБГ-МН	0,25 мкФ
R_{24}, R_{25}	ПЭ-7,5	5 кОм	C_{24}, C_{25}	КБГ-МН	1 мкФ
R_{26}	ВС-0,5	22 кОм	C_{26}	КТП-3-М	25 пФ
R_{27}, R_{28}	ВС-0,5	220 Ом	C_{27}	Специальный	50 пФ
R_{29}, R_{30}	ВС-2	1,5 кОм	C_{28}	»	80 пФ
R_{31}	ВС-1	150 кОм	C_{29}	»	0,5—1,5 пФ
R_{32}	ВС-0,5	68 кОм	C_{30}	»	650 пФ
R_{33}	ВС-0,5	4,7 кОм	C_{31}	»	0,5 пФ
R_{34}	КЛМ	220 МОм	C_{32}	»	30 пФ
R_{35}	ВС-0,5	390 кОм	C_{33}	»	—
R_{36}	ПЭВ-7	2,2 кОм	C_{34}	»	100 пФ
R_{38}	ВС-2	220 кОм	C_{35}	»	200 пФ
R_{39}	ВС-2	1,5 МОм	C_{36}	КТП-3-М	25 пФ
R_{40}	ВС-2	1,5 кОм	C_{37}	Специальный	—
R_{41}	ВС-2	220 кОм	$Л_1$—$Л_4$	6Н8С	—
R_{42}	ВС-1	15 кОм	$Л_5$	6П9	—
R_{43}, R_{44}	ВС-2	30 кОм	$Л_6$	6П3С	—
R_{45}	ВС-2	150 кОм	$Л_7$	6Г7	—
R_{46}	ВС-1	20 кОм	$Л_8$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{47}	МЛТ-1	1,2 кОм	$Л_9$	1Б10-17	—
R_{48}	УНУ-0,25	75 Ом	$Л_{10}$	ГУ-50	—
R_{49}	СП-1А	1 МОм	$Л_{11}$	6Ж8	—
R_{50}	СП-2А	100 кОм	$Л_{12}$	СГ2С	—
R_{51}	СП-2А	15 кОм	$Л_{13}$	ГИ-11Б	—
R_{52}, R_{53}	СП-2А	330 кОм	$Л_{14}$	2Д1С	—
R_{54}	СП-2А	100 кОм	$Д_1$	ВС-25-21	—
R_{55}	СП-2А	2 кОм	$Д_2$	ВС-25-21	—
R_{56}	СП-2А	2,2 кОм	ИП	Микроамперметр	—

запирает лампу генератора. Модулирующий импульс вырабатывается схемой, представляющей собой мультивибратор, собранный на лампах $Л_{3б}$, $Л_{4а}$ и $Л_{4б}$. Длительность импульса регулируется изменением сопротивления R_{54}, ручка которого обозначена «ширина имп.». Импульс мультивибратора через лампу $Л_5$ закрывает лампу $Л_6$ и открывает на время протекания импульса лампу генератора. Схема синхронизации при этом работает следующим образом.

Синхронизирующий импульс с гнезда через переключатель $П_1$ поступает либо на сетку (положительный), либо на катод (отрицательный) лампы $Л_{2а}$. Отрицательный импульс, получившийся в анодной цепи лампы $Л_{2а}$, запускает мультивибратор задержки, работающий на лампах $Л_{2б}$ и $Л_{3а}$, после чего дифференцируется цепочкой C_9, R_{13}. Положительный импульс, соответствующий заднему фронту импульса мультивибратора, через лампу $Л_{3б}$ запускает мультивибратор модулирующих импульсов.

Длительность импульса мультивибратора задержки регулируется спаренными переменными сопротивлениями R_{51}, R_{52}, ручка которых на передней панели обозначена «задержка».

При работе с внутренней синхронизацией источником синхронизирующих импульсов является блокинг-генератор, работающий на лампе $Л_{1а}$. Синхронизирующий импульс снимается с сопротивления R_1. Частота следования импульсов регулируется сопротивлением R_{49}, ручка которого на передней панели обозначена «частота имп.».

На лампе $Л_{1б}$ работает усилитель импульсов для синхронизации внешних устройств. Синхронизирующий импульс подводится к гнезду с полярностью, зависящей от положения переключателя $П_2$, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «синхр.— осцилл. V Λ».

При работе генератора импульсами со скважностью 2 мультивибратор модулирующих импульсов ($Л_4$) работает по симметричной схеме, блокинг-генератор вырабатывает импульсы с частотой 1000 Гц, а мультивибратор задержки переводится в режим усилителя.

Блок питания генератора состоит из двух выпрямителей, собранных на селеновых столбиках ($Д_1$ и $Д_2$), соединенных последовательно. Для стабилизации постоянного напряжения применена электронная стабилизация на лампах $Л_{10}$—$Л_{13}$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г4-5 приведена в табл. 97.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 200). Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в том, что переключатель силового трансформатора с предохранителем установлен в соответствии с напряжением сети.
2. Переключатели «выкл. ген. ВЧ» и сети поставить в положение «выкл.».
3. Подключить кабель к колодке питания и к сети.
4. Ручку «расстройка» установить в положение, указанное в формуляре для данной лампы.
5. Ручку «установка выхода ВЧ» установить в крайнее левое положение.
6. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка).
7. Ручкой «установка нуля» установить стрелку прибора на нуль.

Установка частоты

Требуемая частота генератора устанавливается ручкой установки частоты по показаниям шкалы. Для устранения погрешности вследствие люфта шкалы частоту следует устанавливать подходом к необходимой точке шкалы, вращая ручку по часовой стрелке.

Установка и регулировка выходного напряжения и мощности

Выходной сигнал генератора Г4-5 выводится через выходные гнезда «выход—ватты» и «выход—мкв» в зависимости от установки переключателя выхода.

Выходное напряжение (мощность), подаваемое на гнездо «выход—ватты», регулируется ручкой «установка выхода ВЧ».

Величина выходного напряжения определяется по показаниям лампового вольтметра.

Величина выходной мощности определяется по формуле

$$P = \frac{U^2}{150},$$

где U — показания вольтметра, В.

Погрешность при определении мощности тем меньше, чем ближе сопротивление нагрузки к 75 Ом.

Выходное напряжение, подаваемое на гнездо «выход—мкв», регулируется ручкой «установка выхода» после установки показаний вольтметра равными 15 В (ручкой «установка выхода ВЧ»).

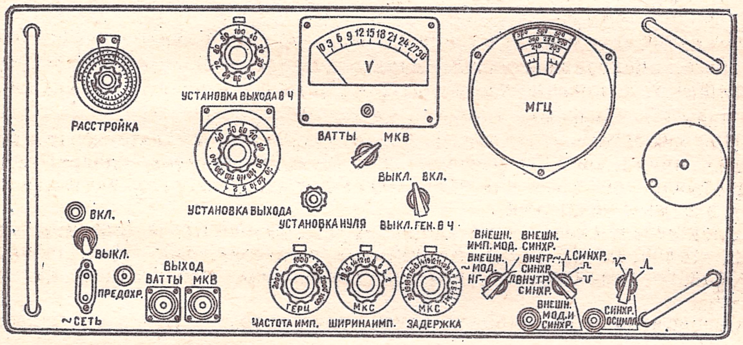

РАССТРОЙКА
УСТАНОВКА ВЫХОДА В Ч
V
0 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30
ВАТТЫ МКВ
МГЦ
УСТАНОВКА ВЫХОДА
ВЫКЛ. ВКЛ.
УСТАНОВКА НУЛЯ
ВЫКЛ. ГЕН. В Ч
ВКЛ.
ВЫКЛ.
~СЕТЬ
ПРЕДОХР.
ВЫХОД
ВАТТЫ МКВ
ГЕРЦ
МКС
МКС
ЧАСТОТА ИМП.
ШИРИНА ИМП.
ЗАДЕРЖКА
ВНЕШН. ИМП. МОД.
ВНЕШН. ~ МОД.
НГ
ВНЕШН. СИНХР.
ВНУТР. ~ СИНХР.
ВНУТР. СИНХР.
СИНХР.
ВНЕШН. МОД. И СИНХР.
СИНХР. ОСЦИЛЛ.

Рис. 200. Вид передней панели прибора Г4-5.

Величина выходного напряжения в этом случае определяется по показаниям лимба ручки «установка выхода» в мкВ. По этому же лимбу определяется величина выходной мощности в дБ относительно 1 Вт.

Значения установленных выходного напряжения и мощности будут соответствовать напряжению и мощности только на сопротивлении нагрузки 75 Ом.

Работа с прибором

При любых видах применения прибора следует строго соблюдать следующие правила:

1. Высокочастотный генератор включить не ранее, чем через 2 мин после включения питания прибора переключателем сети.

2. Виды работы переключаются только после включения высокочастотного генератора.

Для работы немодулированными колебаниями необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Установить заданную частоту.

3. Переключатель вида работы установить в положение «НГ» (непрерывная генерация).

4. Включить высокочастотный генератор.

5. Установить необходимое напряжение или мощность.

Для работы импульсно-модулированными колебаниями с модуляцией синусоидальным напряжением необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить заданную частоту.
3. Переключатель вида работы установить в положение «внешн. мод.». Переключатель синхронизации установить в положение «~».
4. Включить высокочастотный генератор.
5. Установить необходимое выходное напряжение или мощность.
6. К гнезду «внешн. мод. и синхр.» подключить выход источника модулирующего напряжения.
7. Изменением величины модулирующего напряжения установить необходимую глубину модуляции, рассчитанную по формуле

$$U_m = U(1+m),$$

где U_m — модулированное напряжение, В; U — напряжение по вольтметру, установленное в п. 5, В; m — коэффициент модуляции.

Предупреждение. Глубину модуляции более 50% не устанавливать, так как при этом возможен пробой конденсаторов фильтра высокочастотного генератора.

Для работы импульсно-модулированными колебаниями с внутренней синхронизацией необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить заданную частоту.
3. Переключатели рода работы и вида синхронизации поставить в положение «внутр. синхр.».
4. Ручками «частота имп.» и «ширина имп.» установить наибольшую частоту и длительность импульсов соответственно.
5. Включить высокочастотный генератор.
6. Установить необходимое выходное напряжение или мощность.
7. Установить требуемые частоту и длительность импульсов.

Длительность импульса следует установить с учетом поправки, определяемой по графику.

Величина импульсной ориентировочной мощности определяется по формуле

$$P_и = \frac{U^2}{150},$$

где U — показания вольтметра при максимальной частоте и длительности импульса, В.

Средняя мощность при импульсной модуляции определяется по формуле

$$P_{ср} = \frac{U^2}{150} \cdot \frac{\tau F}{10^6},$$

где U — показания вольтметра при максимальной частоте и длительности импульса, В; τ — длительность (ширина) импульса, мкс; F — частота импульсов, Гц

Для работы импульсно-модулированными колебаниями с внешней синхронизацией необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить заданную частоту.
3. Переключатель рода работы установить в положение «внешн. синхр.».
4. Переключатель синхронизации установить в соответствии с полярностью синхронизирующих импульсов.
5. К гнезду «внешн. мод. и синхр.» подключить выход источника синхронизирующих импульсов. Амплитуда синхронизирующего импульса должна быть от 25 до 100 В, длительность — от 1 до 10 мкс.

6. Выполнить пп. 4—7 для работы в режиме с внутренней синхронизацией.

Для работы импульсно-модулированными колебаниями с модуляцией от внешнего источника необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить заданную частоту.
3. Переключатель рода работы установить в положение «внешн. имп. мод.».
4. Переключатель «внешн. мод. и синхр.» установить в соответствии с полярностью модулирующих импульсов.
5. К гнезду «внешн. мод. и синхр.» подключить выход источника модулирующих импульсов. Амплитуда положительных импульсов внешнего генератора для модуляции должна быть от 50 до 100 В, отрицательных — от 100 до 150 В; длительность — от 2 до 10 мкс с частотой следования от 100 до 2000 Гц. Длительность модулирующего импульса должна устанавливаться с учетом поправки, определяемой по графику.
6. Выполнить пп. 4—7 для работы в режиме импульсной модуляции с внутренней синхронизацией.

Для работы импульсно-модулированными колебаниями со скважностью 2 (1 : 1) необходимо:

1. Подготовить прибор к работе в режиме немодулированными колебаниями.
2. Включить высокочастотный генератор.
3. Переключатель рода работы установить в положение «⎍».
4. Переключатель «внешн. мод. и синхр.» установить в положение «внутр. синхр.».
5. Включить высокочастотный генератор.

Генератор стандартных сигналов Г4-7А

Предназначен для настройки и регулировки приемных устройств в лабораторных и цеховых условиях.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот от 20 до 180 МГц.
2. Основная погрешность установки частоты не более ±1%.
3. Нестабильность частоты после получасового самопрогрева не более 0,02% за последующие 15 мин.
4. Генератор может работать в режиме:

незатухающих колебаний;

внутренней амплитудной модуляции синусоидальным напряжением частотой 400 и 1000 Гц и регулируемым коэффициентом модуляции от 10 до 80%;

внутренней импульсной модуляции со скважностью 2 частотой 1000 Гц (меандр);

внешней амплитудной модуляции синусоидальным напряжением частотой от 100 до 10 000 Гц при напряжении 50 В;

внешней импульсной модуляции с длительностью от 3 до 100 мкс с частотой повторения от 200 до 10 000 Гц при амплитуде внешних импульсов от 20 до 200 В.

5. Основная погрешность измерения коэффициента амплитудной модуляции ±3%.
6. Генератор имеет два ВЧ выхода:

мощный — с напряжением не менее 1,5 В на сопротивлении внешней нагрузки 75 Ом;

микровольтный — калиброванный по напряжению от 1 мкВ до 0,1 В на сопротивлении внешней нагрузки 75 Ом.

7. Основная погрешность выходного напряжения микровольтного выхода в режиме непрерывной генерации не превышает ±30% ± 5 мкВ.

8. Паразитная ЧМ на частоте 150 МГц при коэффициенте модуляции 30% не более 35 кГц.

9. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 220 В ± 10%. Потребляемая мощность не более 120 ВА.

10. Вес прибора не более 42 кг (без укладочного ящика), габаритные размеры 667×306×309 мм.

Схема прибора

Структурная схема прибора (рис. 201) содержит генератор высокой частоты, модулятор, генератор звуковой частоты (400, 1000 Гц), измеритель уровня выходного напряжения, аттенюатор, измеритель глубины модуляции, блок питания.

Принципиальная схема прибора Г4-7А приведена на рис. 202.

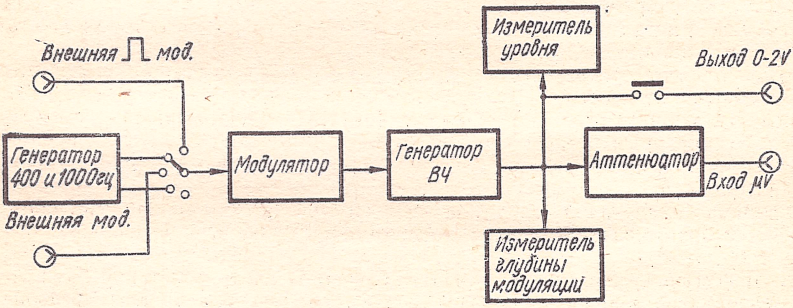


Рис. 201. Структурная схема прибора Г4-7А.

Генератор ВЧ колебаний собран по схеме с емкостной обратной связью и работает на лампе $Л_1$. Изменяется частота переключением контурных катушек L_1—L_5 при помощи переключателя $П_7$. Плавно частота изменяется конденсаторами переменной емкости C_3, C_4, ручки которых выведены на переднюю панель (рис. 203) и обозначены «диапазоны» и «MHz» соответственно.

Напряжение ВЧ колебаний через катушки связи L_6—L_{10}, переключаемые вместе с установкой диапазона, подается на выход прибора. На мощный выход напряжение подается через переключатель $П_3$ (μV—0—2V) к гнезду $Г_3$ («выход 0—2V»). На микровольтный выход напряжение подается через предельный аттенюатор с индуктивной связью L_{11}, L_{12} к гнезду $Г_4$ («выход μV»). Выходное напряжение регулируется ручкой предельного аттенюатора «μV».

Измеритель уровня выходного напряжения представляет собой диодный вольтметр с открытым входом, собранный на лампе $Л_2$. Выпрямленный ток фиксируется микроамперметром $ИП_2$ («V»), с которым последовательно включается добавочное сопротивление R_{11}, служащее регулятором чувствительности.

Импульсный вольтметр состоит из диодного детектора, собранного на лампе $Л_2$, с нагрузкой R_{12} и усилителя постоянного тока, собранного по мостовой схеме. Регулируемое плечо работает на лампе $Л_4$. В измерительную диагональ моста включен прибор $ИП_2$. Нуль вольтметра (баланс моста) устанавливается потенциометром R_{17}, ручка которого на передней панели обозначена «уст. нуля».

Коэффициент амплитудной модуляции измеряется переменной (звуковой) составляющей продетектированного ВЧ сигнала при определенном уровне его постоянной составляющей (несущей), контролируемой измерителем уровня выходного напряжения ($ИП_2$). Переменная составляющая продетектированного ВЧ сигнала усиливается каскадом, работающим на лампе $Л_{3а}$, а затем измеряется вольтметром, собранным по мостовой схеме с детектором на лампе $Л_{3б}$. Баланс моста устанавливается потенциометром R_4, ручка которого на передней панели обозначена «уст. нуля» (около индикатора «М%»). В измерительную диагональ включен стрелочный прибор $ИП_1$ со шкалой, отградуированной в процентах коэффициента модуляции «М%».

Модулятором ВЧ генератора служит усилитель на лампе $Л_{10}$ и катодный повторитель на лампе $Л_{11}$.

Модулирующее напряжение 400 или 1000 Гц вырабатывается внутренним *LC*-генератором, работающим на лампе $Л_8$. Частота колебаний генератора изменяется переключением контурных конденсаторов C_{47}, C_{46} при помощи переключателя $П_2$, ручка которого на передней панели обозначена «частота внутр. ~ модуляции и ⊓⊔».

Модуляция генератора ВЧ анодная. Для этого модулирующее напряжение на анод лампы $Л_1$ подается с потенциометра R_{61}, являющегося сопротивлением нагрузки катодного повторителя ($Л_{11}$). При выключенной модуляции потенциометром R_{61} регулируется постоянное напряжение на аноде лампы $Л_1$, чем устанавливается уровень ВЧ колебаний генератора. Ручка этого потенциометра обозначена «установка уровня выхода».

Для получения импульсного напряжения со скважностью 2 используется синусоидальное напряжение 1000 Гц, вырабатываемое *LC*-генератором ($Л_8$). Это напряжение формируется усилителем-ограничителем, работающим на лампе $Л_9$, до напряжения прямоугольной формы и подается на модулятор. Внешнее импульсное напряжение (гнездо $Г_1$) на модулятор подается также через усилитель-ограничитель ($Л_9$).

Глубина амплитудной модуляции регулируется потенциометром R_3, напряжение с которого подается на вход усилителя $Л_{10}$. Ручка этой регулировки обозначена «уст. М%».

Блок питания обеспечивает стабилизированное анодное питание ламп $Л_1$, $Л_3$ и $Л_4$ через электронный стабилизатор ($Л_5$, $Л_6$, $Л_7$) и накал ламп через феррорезонансный стабилизатор $Др_{20}$, C_{39}.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г4-7А приведена в табл. 98.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 203).

Для подготовки прибора к работе следует:

1. Переключатель «ген. ВЧ» поставить в положение выключено.
2. Ручки «установка уровня выхода» и «уст. М%» повернуть против часовой стрелки до упора.
3. Переключатель «частота внутр. ~ модуляции и ⊓⊔» поставить в положение «выкл.».
4. Переключатель сети установить в положение выключено.
5. Подключить кабель питания к прибору и к сети.
6. Включить питание прибора, переведя переключатель сети в положение «вкл.» (при этом должна загореться сигнальная лампочка), и дать прибору прогреться в течение 10 мин.
7. Ручками «уст. нуля» (V и М%) установить стрелки соответствующих приборов на нуль.

Установка частоты ВЧ сигнала производится ручкой «MHz» в соответствии с установкой переключателя «диапазоны».

Выходное напряжение в зависимости от требуемого значения напряжения устанавливается:

ручкой «установка уровня выхода» при подключении нагрузки к гнезду «выход 0—2V»;

ручкой «μV» при подключении нагрузки к гнезду «выход μV». Для этого ручкой «установка уровня выхода» (при включенном генераторе ВЧ) стрелка индикатора выходного напряжения «V» устанавливается на отметку 140. После этого ручкой «μV» устанавливается требуемое напряжение в соответствии с пока-

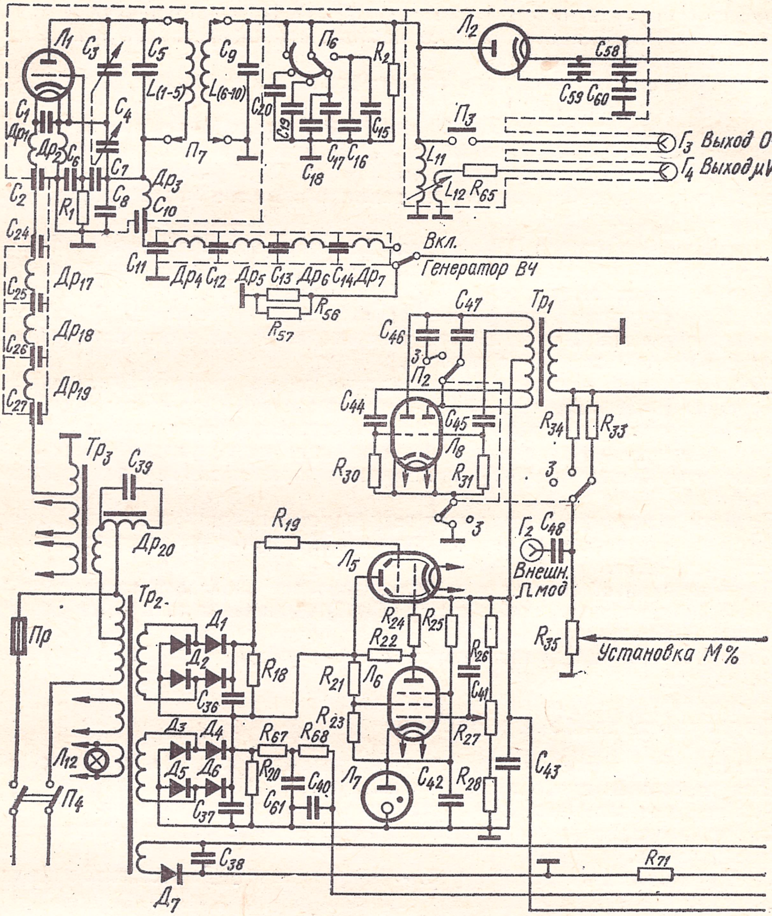

Л1
C3
C5
L(1-5)
C9
L(6-10)
П6
R2
Л2
C58
C59 C60
C1
Др1
C4
C20
C19
C15
П3
Г3 Выход 0-2V
Г4 Выход μV
Др2
C6
C7
П7
C17 C16
C18
L11
L12 R65
C2
R1
C8
Др3
C10
Вкл.
Генератор ВЧ
C24
C11
Др4 C12
Др5 C13 Др6 C14 Др7
R56
R57
Др17
C25
Др18
C26
Др19
C27
C47
Тр1
C46
П2
C44
C45
Л8
R30
R31
R34
R33
Тр3
C39
Др20
R19
Г2 C48
Внешн. Л.мод
Л5
Тр2
Пр
Д1
Д2
C36
R18
R24
R25
R22
R21
Л6
R26
C41
R35
Установка М%
R23
R27
Д3 Д4
Д5 Д6
C37
R67 R68
R20
C40
C61
Л7
C42
R28
C43
Л12
П4
C38
Д7
R71

Рис. 202. Принципиальная

заниями шкалы этой ручки с учетом множителей. При этом следует иметь в виду, что по верхней шкале отсчитывается выходное напряжение от 100 000 до 10000 мкВ при установке множителя на нижней шкале 10^4 (10 тыс.), а при установке остальных множителей выходное напряжение следует отсчитывать по средней шкале.

Работа с прибором

Для работы незатухающими колебаниями необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель «род работы» установить в положение «НГ» (непрерывная генерация).

3. Установить заданную частоту ВЧ колебаний.

4. Установить требуемое выходное напряжение.

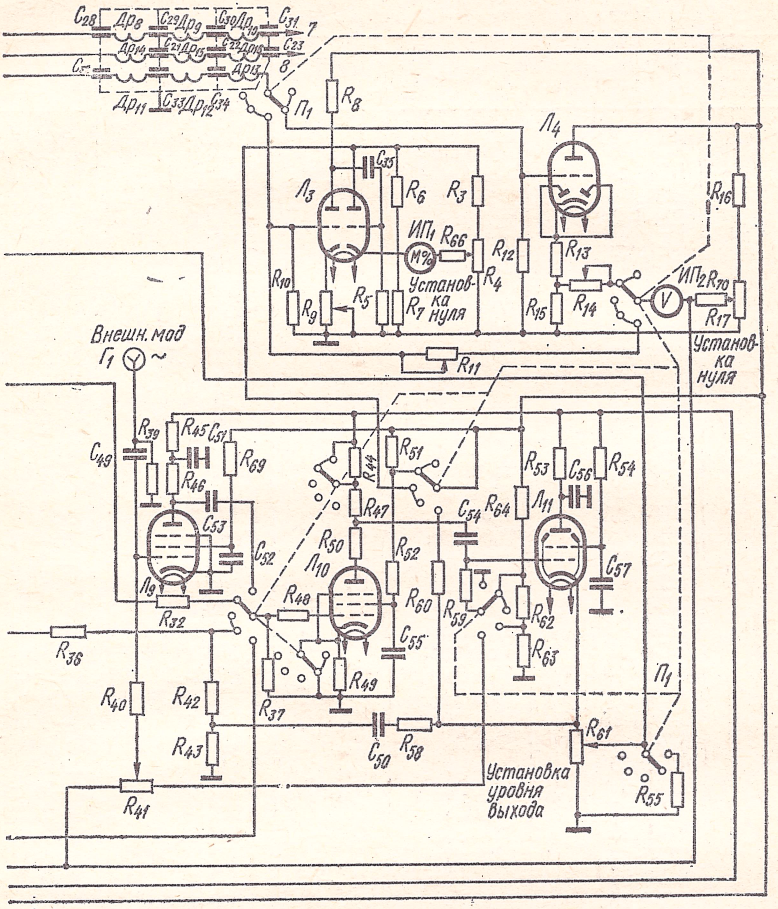

C_{28}
$Др_8$
C_{29}
$Др_9$
C_{30}
$Др_{10}$
C_{31}
7
$Др_{14}$
C_{21}
$Др_{15}$
C_{22}
$Др_{16}$
C_{23}
8
$Др_{13}$
$Др_{11}$
C_{33}
$Др_{12}$
C_{34}
$П_1$
R_8
$Л_4$
C_{35}
$Л_3$
R_6
R_3
R_{16}
$ИП_1$
R_{66}
M%
R_{12}
R_{13}
R_{10}
Установ-ка нуля
R_4
R_{14}
$ИП_2$
R_{70}
V
R_5
R_7
R_{15}
R_{17}
R_9
Внешн. мод
$Г_1$
R_{11}
Установ-ка нуля
R_{39}
R_{45}
C_{51}
C_{49}
R_{69}
R_{44}
R_{51}
R_{53}
C_{56}
R_{54}
R_{46}
R_{47}
C_{54}
R_{64}
$Л_{11}$
C_{53}
R_{50}
C_{52}
$Л_{10}$
R_{52}
C_{57}
$Л_9$
R_{48}
R_{59}
R_{32}
R_{60}
R_{62}
R_{36}
C_{55}
R_{63}
R_{49}
$П_1$
R_{40}
R_{42}
R_{37}
R_{61}
R_{43}
C_{50}
R_{58}
Установка уровня выхода
R_{55}
R_{41}

схема прибора Г4-7А.

Для работы амплитудно-модулированными колебаниями от внутреннего генератора необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить заданную частоту ВЧ колебаний.
3. Ручкой «установка уровня выхода» установить стрелку индикатора выхода «V» на отметку 140.
4. Переключатель «род работы» установить в положение «внутренняя ~ модуляция».
5. Переключатель «частота внутр. ~ модуляции и ⎍⎍» установить в соответствии с требуемой частотой модуляции.
6. Ручкой «уст. M%» установить по показаниям прибора «M%» требуемый коэффициент амплитудной модуляции.
7. Установить требуемое выходное напряжение.

98. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г4-7А

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,25	7,5 кОм	R_{55}	ВС-2	2,7 кОм
R_2	ВС-0,25	120 Ом	R_{56}, R_{57}	ВС-2	20 кОм
R_3	ВС-1	68 кОм	R_{58}, R_{59}	ВС-0,5	330 кОм
R_4	СП-I-2А	2,2 кОм	R_{60}	ВС-0,5	1,5 кОм
R_5	ВС-0,25	1 МОм	R_{61}	ППИ(а)	15 кОм
R_6	ВС-0,25	3,9 МОм	R_{62}	ВС-0,25	180 кОм
R_7	ВС-0,25	68 кОм	R_{63}	ВС-0,25	100 кОм
R_8	ВС-1	91 кОм	R_{64}	ВС-0,25	150 кОм
R_9	Потенциометр	15 кОм	R_{65}	УНУ-0,25	75 Ом
R_{10}	ВС-0,25	10 кОм	R_{66}	БЛП-0,5	21,3 кОм
R_{11}	СП-II-2А	47 кОм	R_{67}	ВС-1	270 Ом
R_{12}	КЛМ-1	220 МОм	R_{68}	ВС-1	110 Ом
R_{13}	МЛТ-1	15 кОм	R_{69}	ВС-2	7,5 кОм
R_{14}	СП-II-2А	22 кОм	R_{70}	ВС-0,5	470 Ом
R_{15}	МЛТ-1	15 кОм	R_{71}	ВС-1	1,5 кОм
R_{16}	МЛТ-2	30 кОм	C_1	КТК-2-М	51 пФ
R_{17}	СП-I-2А	470 Ом	C_2	КТП-2а-Д	100 пФ
R_{18}	ВС-1	200 кОм	C_3	Переменный	8,5—42 пФ
R_{19}	ВС-0,25	470 Ом	C_4	»	9—73 пФ
R_{20}, R_{21}	ВС-1	200 кОм	C_5	Подстроечный	1,5 пФ
R_{22}	ВС-1	1 МОм	C_6, C_7	КТК-1-М	20 пФ
R_{23}	ВС-0,5	6,2 кОм	C_8	КТК-2-М	33—51 пФ
R_{24}	ВС-0,25	7,5 кОм	C_9	КТК-1	10 пФ
R_{25}	ВС-2	16 кОм	C_{10}	КТП-2-Д	100 пФ
R_{26}	ВС-1	75 кОм	C_{11}—C_{14}	КТП-2а-М	25 пФ
R_{27}	СП-II-2А	15 кОм	C_{15}	КПК-1	8—30 пФ
R_{28}	ВС-1	39 кОм	C_{16}	КТК-2-М	68 пФ
R_{30}, R_{31}	ВС-0,25	30 кОм	C_{17}	КТК-1-М	20 пФ
R_{32}	ВС-0,5	20 кОм	C_{18}, C_{19}	КПК-1	8—30 пФ
R_{33}	ВС-0,25	82 кОм	C_{20}	КПК-1	2—7 пФ
R_{34}	ВС-0,25	200 кОм	C_{21}—C_{27}	КТП-2а-К	300 пФ
R_{35}	СП-I-1А	330 кОм	C_{28}	КТП-2а-М	25 пФ
R_{36}	ВС-0,25	120 кОм	C_{29}—C_{31}	КТП-2а-К	300 пФ
R_{37}	ВС-0,25	1 МОм	C_{32}	КТП-2а-М	25 пФ
R_{39}	ВС-0,25	1 кОм	C_{33}, C_{34}	КТП-2а-Д	100 пФ
R_{40}	ВС-0,25	1 МОм	C_{35}	КБГ-М2-400	0,1 мкФ
R_{41}	СП-II-2А	47 кОм	C_{36}	КЭ-2-450	10 мкФ
R_{42}	ВС-0,25	33 кОм	C_{37}	КЭ-2-450	20 мкФ
R_{43}	ВС-0,25	330 кОм	C_{38}	КЭ-2-450	10 мкФ
R_{44}	ВС-1	56 кОм	C_{39}	МБГП-2-600	4 мкФ
R_{45}	ВС-2	15 кОм	C_{40}	КЭ-2-450	20 мкФ
R_{46}	ВС-2	2,4 кОм	C_{41}, C_{42}	КБГ-М2-400	0,1 мкФ
R_{47}	ПЭВ-20	10 кОм	C_{43}—C_{45}	КБГ-М1-400	0,25 мкФ
R_{48}	ВС-0,25	51 Ом	C_{46}	КБГ-И-400	0,04 мкФ
R_{49}	ВС-1	1 кОм	C_{47}	КБГ-МП-2В	0,5 мкФ
R_{50}	ВС-0,25	51 Ом	C_{48}, C_{49}	КБГ-М2-400	0,1 мкФ
R_{51}	ВС-0,5	200 кОм	C_{50}	КБГ-М2-400	0,25 мкФ
R_{52}	ВС-2	5,1 кОм	C_{51}, C_{52}	КЭ-2-450	10 мкФ
R_{53}	ВС-2	390 Ом	C_{53}	КБГ-М2-400	0,1 мкФ
R_{54}	ВС-2	1,5 кОм	C_{54}	КБГ-И-400	0,05 мкФ

Продолжение табл. 98

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_{55}—C_{57}	КЭ-2-450	10 мкФ	$Л_5$	6П3С	—
C_{58}, C_{59}	—	100 пФ	$Л_6$	6Ж8	—
C_{60}	—	200 пФ	$Л_7$	СГ2С	—
C_{61}	КЭ-2-450	20 мкФ	$Л_8$	6Н8С	—
L_1	—	2,6мкГ	$Л_9$, $Л_{10}$	6П9	—
L_2	—	1,2 мкГ	$Л_{11}$	6П3С	—
L_3	—	0,52 мкГ	$Л_{12}$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
L_4	—	0,25 мкГ	$Др_1$	—	14 мкГ
L_5	—	0,175 мкГ	$Др_2$	—	14 мкГ
L_6	—	0,26 мкГ	$Др_3$	—	3,2 мкГ
L_7, L_8	—	0,175 мкГ	$Др_4$—$Др_7$	—	40 мкГ
L_9	—	0,37 мкГ	$Др_8$—	—	10 мкГ
L_{10}	—	0,52 мкГ	$Др_{19}$		
L_{11}	—	0,36 мкГ	$Др_{20}$	Низкочастотный	
L_{12}	—	0,03 мкГ	$ИП_1$, $ИП_2$	—	200 мкА
$Л_1$	12С3С	—	$Д_1$, $Д_2$	АВС-15-26	—
$Л_2$	2Д1С	—	$Д_3$—$Д_6$	АВС-30-13	—
$Л_3$	6Н9С	—	$Д_7$	Д7Ж	—
$Л_4$	6Г7	—			

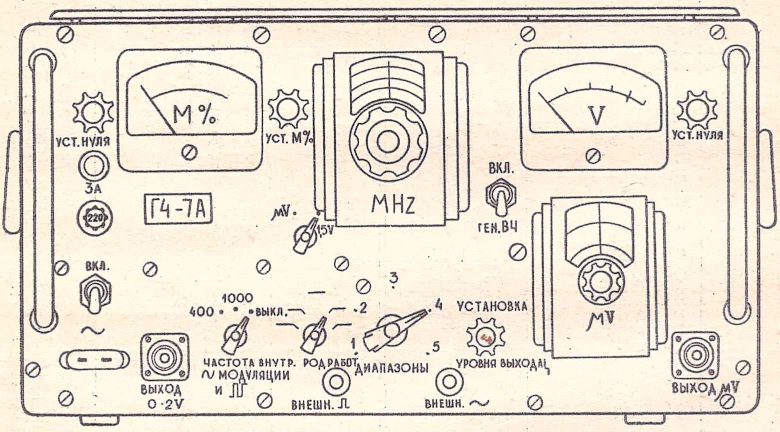

M%
УСТ. НУЛЯ
УСТ. M%
MHz
V
УСТ. НУЛЯ
3А
220
Г4-7А
mV.
15V
ВКЛ.
ГЕН. ВЧ
ВКЛ.
~
1000
400
ВЫКЛ.
3
2
4
1
5
УСТАНОВКА
mV
ВЫХОД 0-2V
ЧАСТОТА ВНУТР. ~ МОДУЛЯЦИИ И ⎍⎍
РОД РАБОТ
ДИАПАЗОНЫ
УРОВНЯ ВЫХОДА
ВНЕШН. ⎍
ВНЕШН. ~
ВЫХОД mV

Рис. 203. Вид передней панели прибора Г4-7А.

Для работы в режиме внутренней импульсной модуляции со скважностью 2 (меандр) необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить заданную частоту ВЧ колебаний.
3. Установить требуемый уровень выходного сигнала.
4. Переключатель «род работы» перевести в положение «⎍⎍».
5. Переключатель «частота внутр. ~ модуляции и ⎍⎍» установить в положение «1000 Гц».
6. Установить требуемое выходное напряжение.

Для работы в режиме внешней амплитудной модуляции синусоидальным напряжением необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить заданную частоту ВЧ колебаний.
3. Ручкой «установка уровня выхода» установить стрелку индикатора выхода «V» на отметку 140.
4. Переключатель «род работы» перевести в положение «внешняя ~ модуляция».
5. Модулирующее наряжение (до 50 В) подвести к гнезду «внешняя ~ модуляция».
6. Ручкой «уст. M%» установить по показаниям индикатора «M%» требуемый коэффициент глубины модуляции.
7. Установить требуемое выходное напряжение.

Для работы в режиме внешней импульсной модуляции необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить заданную частоту ВЧ колебаний.
3. Переключатель «род работы» перевести в положение «внешняя ⎍».
4. Модулирующие импульсы положительной полярности (от 20 до 200 В) подвести к гнезду «внешняя ⎍ модуляция».
5. Установить требуемое выходное напряжение.

Выходное напряжение отсчитывается в соответствии со скважностью модулирующих сигналов по графику, прилагаемому к прибору.

Следует иметь в виду, что показания индикатора выхода соответствуют эффективным значениям напряжения и для получения амплитудных значений их необходимо умножить на 1,41.

Генератор стандартных сигналов ГК4-14

Предназначен для проверки и регулировки радиотехнических устройств, работающих в трехсантиметровом диапазоне волн. Его можно использовать в лабораторных и полевых условиях как генератор стандартов сигнала, частотомер, измеритель мощности.

Основные технические характеристики

1. Диапазон генерируемых частот 8700—9700 МГц при мощности на выходном фланце волновода от 0 до 72 дБ ниже 1 мВт.
2. Стабильность частоты 0,8 МГц в режиме непрерывных колебаний при измерении напряжения питающей сети на ±10%.
3. Уход частоты после 15 мин предварительного прогрева не более 5 МГц в течение 30 мин работы.
4. Погрешность установки частоты ±5 МГц, погрешность установки мощности ±2 дБ.
5. Генератор может работать в режиме:
непрерывной генерации (незатухающие колебания);
манипулированных колебаний с амплитудной и частотно-амплитудной модуляцией.
6. В генераторе предусмотрена внешняя манипуляция от источника прямоугольных импульсов отрицательной полярности с амплитудой более 25 В, длительностью от 0,2 до 4 мкс, с частотой повторения от 100 до 2000 Гц.
7. Работа манипулированными колебаниями может синхронизироваться внешними импульсами с амплитудой от 1 до 20 В в любой полярности длительностью от 0,2 до 4 мкс, с частотой повторения от 100 до 2000 Гц.
8. Диапазон измеряемых частот 8700—9700 МГц:
погрешность абсолютных измерений не более ±4МГц;

погрешность разностных (относительных) измерений ±1 МГц при разности частот не более 60 МГц.

9. Диапазон измерения мощности 0,1—2 мВт средней мощности на волноводном фланце (но не более 200 Вт в импульсе). Погрешность абсолютных измерений мощности 11,5 дБ. Погрешность относительных измерений ±0,8 дБ.

10. Диапазон рабочих температур ±40° С.

11. Продолжительность непрерывной работы 8 ч.

12. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220, 127, 110 В или частотой 400 Гц напряжением 115 + 4 В. Потребляемая от сети мощность не более 150 Вт.

13. Вес прибора 19 кг, габаритные размеры 477×320×255 мм.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора типа ГК4-14 (рис. 204) состоит из генератора сантиметровых волн (клистронного), измерителя мощности, резонансного частотомера, манипулятора, синхронизатора и блока питания.

Генератор сантиметровых волн работает на клистроне $Л_8$. Частота генератора (грубо) изменяется механическим изменением геометрических размеров резонатора при помощи ручки, обозначенной на передней панели «частота грубо» (рис. 205). Плавная регулировка частоты осуществляется изменением напряжения на отражателе клистрона, снимаемого с потенциометра R_{70}, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «частота плавно».

Высокочастотная энергия клистронного генератора через зонд подается в волновод. Конструкция волновода обеспечивает распределение мощности генератора по двум каналам: половина мощности поступает через аттенюаторы на выход генератора, половина — на измеритель мощности и частотомер. Величина мощности, отдаваемой генератором в волновод, регулируется изменением связи генераторной лампы с волноводом. Ручка этой регулировки выведена на переднюю панель и обозначена «мощность».

Схема измерителя мощности представляет собой мост постоянного тока, одним из плеч которого является терморезистор T. Питается мост от общего выпрямителя. Баланс моста достигается изменением постоянного тока, проходящего через терморезистор, и устанавливается регулируемыми сопротивлениями R_{93} и R_{38}. Ручки этих сопротивлений на передней панели обозначены «установка пит. моста» и «установка нуля плавно» соответственно. Кроме того, баланс моста зависит от положения переключателя сопротивлений R_2—R_9 и R_{11}—R_{20} ($П_1$), ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «измерение».

При подаче на терморезистор высокочастотной мощности мост разбалансировывается и стрелка прибора, включенного в диагональ моста, отклоняется. По величине отклонения стрелки определяется мощность, поступающая на терморезистор, если мост предварительно прокалиброван. Мост калибруется изменением мощности постоянного тока, подводимого к терморезистору, скачками через 1 мВт при помощи переключателя сопротивлений R_2—R_9 и R_{11}—R_{20}. Соответствие показаний прибора 1 мВт достигается изменением чувствительности прибора сопротивлением R_{40}, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «чувствит.». Этот же измеритель мощности используется и для измерения мощности внешних генераторов, подключаемых к фланцу. Величина выходной мощности при работе генератора прибора регулируется двумя переменными аттенюаторами, ручки шкал которых выведены на переднюю панель и обозначены «аттенюатор I» и «аттенюатор II».

Частотомер генератора представляет собой полукоаксиальный резонатор. На измеряемую частоту резонатор настраивается изменением длины центрального стержня резонатора. Ручка этой регулировки выведена на переднюю панель и обозначена «частота». Настройка частотомера в резонанс устанавливается по резкому спаданию показаний измерителя мощности. Значение измеренной частоты определяется по графику или таблице, расположенным на передней панели прибора, в соответствии с показаниями шкалы частотомера. Этот же частотомер используется и при измерении частоты сигнала внешних генераторов, подключаемых к фланцу.

Для работы импульсно-модулированными колебаниями в схеме имеется манипулятор, который работает на лампе $Л_7$ по схеме самовозбуждающегося несимметричного мультивибратора с последовательным питанием обоих плеч. Модулирующие импульсы с сопротивления R_{76} подаются на отражатель клистрона.

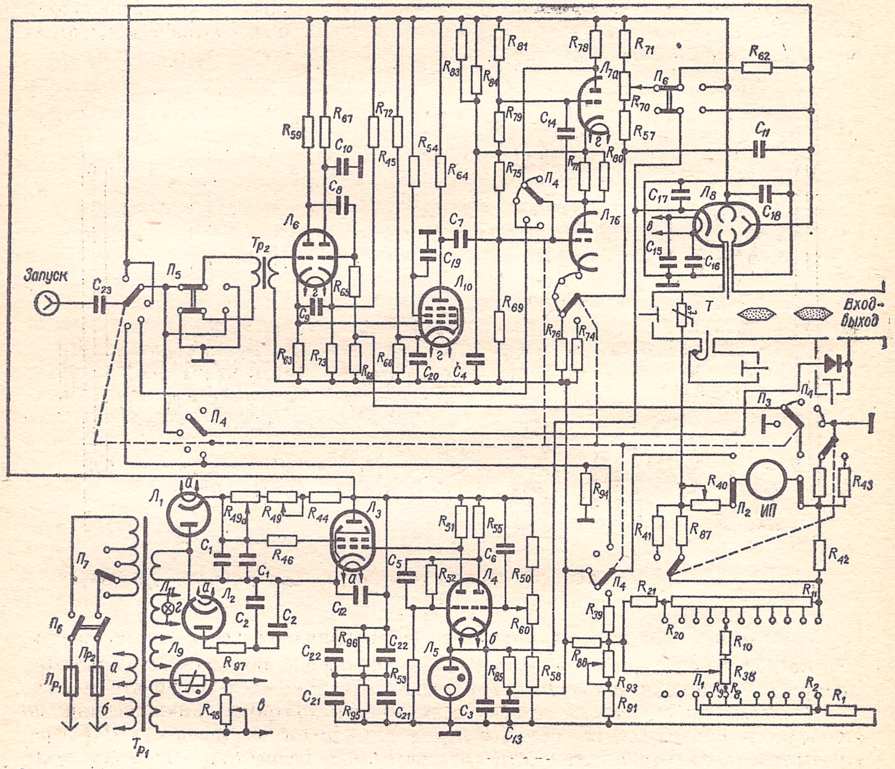

Запуск
C23
П5
Тр2
Л6
R59
R67
C10
C8
R72
R45
R54
R64
C7
C19
Л10
R83
R84
R81
R79
R75
П4
R78
R71
Л7а
П6
R70
R57
C14
R77
R80
Л7б
R62
C11
C17
Л8
C18
C15
C16
Т
Вход-выход
R69
R76
R74
C9
R65
R63
R73
R68
R66
C20
C4
П3
П4
R40
П2
ИП
R43
R42
R94
R41
R87
R21
R11
R20
R39
R86
R10
R38
R93
R91
П1
R95
R8
R2
R1
Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л9
Л11
R49а
R49
R44
R46
C1
C2
C12
C5
R52
R51
R55
C6
R50
R60
R58
R85
C3
C13
R96
R53
R95
C22
C21
R97
R48
П7
П6
Пр1
Пр2
Тр1

Рис. 204. Принципиальная схема прибора ГК4-14.

При работе с манипуляцией от внешнего генератора (IV положение переключателя $П_4$) в схеме манипулятора разрывается цепь обратной связи. Управляющий импульс подается через коаксиальное гнездо «запуск» (на боковой стенке прибора) на управляющую сетку лампы $Л_{7б}$. Модулирующие импульсы подаются на отражатель клистрона также с сопротивления R_{76}.

Схема прибора допускает работу импульсно-модулированными колебаниями с синхронизацией. В этом случае манипулятор работает в режиме самовозбуждения. Синхронизирующий импульс подается на управляющую сетку лампы $Л_{7б}$ и переводит мультивибратор в исходное состояние. Поэтому колебания мультивибратора синхронны с синхронизирующими импульсами.

Синхронизирующие импульсы подаются на коаксиальное гнездо и воздействуют на манипулятор через синхронизатор, который представляет собой мультивибратор с одним устойчивым состоянием, работающим на лампе $Л_6$, и усилитель импульсов на лампе $Л_{10}$. Импульсы из анодной цепи лампы $Л_{10}$ управляют работой манипулятора (через конденсатор C_7).

В приборе также возможна синхронизация манипулятора высокочастотным импульсом внешнего генератора, который через фланец подается на детектор. Продетектированный импульс с сопротивления R_{94} поступает на синхронизатор. В остальном схема работает, как описано выше.

Продетектированный высокочастотный импульс подводится к коаксиальному гнезду, расположенному на боковой стенке прибора и, при необходимости, может быть исследован при помощи осциллографа, подключенного к этому гнезду.

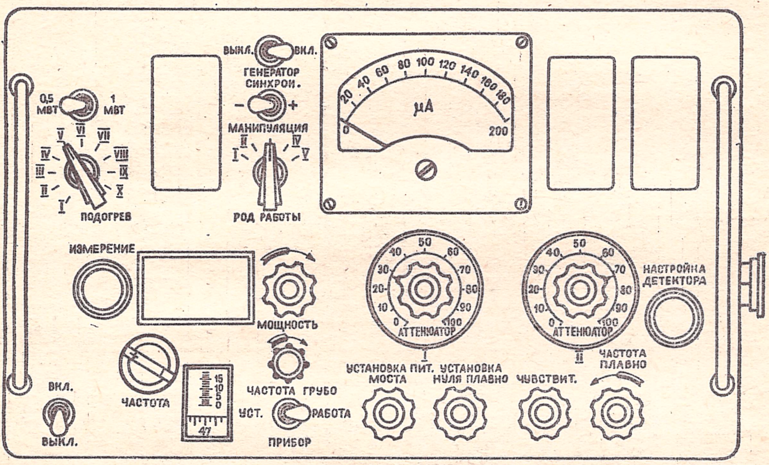

ВЫКЛ.
ВКЛ.
ГЕНЕРАТОР СИНХРОН.
−
+
МАНИПУЛЯЦИЯ
I
II
IV
V
РОД РАБОТЫ
0,5 МВТ
1 МВТ
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
ПОДОГРЕВ
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
μA
ИЗМЕРЕНИЕ
МОЩНОСТЬ
ЧАСТОТА
15
10
5
0
47
ЧАСТОТА ГРУБО
УСТ.
РАБОТА
ПРИБОР
ВКЛ.
ВЫКЛ.
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
АТТЕНЮАТОР
I
II
УСТАНОВКА МОСТА
ПИТ.
УСТАНОВКА НУЛЯ ПЛАВНО
ЧУВСТВИТ.
ЧАСТОТА ПЛАВНО
НАСТРОЙКА ДЕТЕКТОРА

Рис. 205. Вид передней панели прибора ГК4-14.

Требуемый род работы манипулятора устанавливается переключателем $П_4$, ручка которого выведена на переднюю панель прибора и обозначена «род работы». Полярность синхронизирующих импульсов изменяется переключателем $П_5$.

В схеме прибора предусмотрена возможность контроля синхронизации по стрелочному прибору. В этом случае индикатор измерителя мощности *ИП* переключается на измерение тока в цепи сетки лампы $Л_6$ (через R_{68}). Для этого необходимо переключатель $П_2$ перевести в положение «уст.».

Выпрямитель прибора работает на лампах $Л_1$ и $Л_2$ по схеме удвоения и питает все каскады прибора через электронный стабилизатор, работающий на лампах $Л_3$, $Л_4$ и $Л_5$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа ГК4-14 приведена в табл. 99.

Подготовка прибора к работе

Рабочее положение прибора горизонтальное. Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 205), переключатель силового трансформатора и гнездо внешней синхронизации — на левую боковую стенку, выходной волноводный фланец — на правую боковую стенку.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Перед включением произвести (при необходимости) установку стрелки прибора на «0».

99. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа ГК4-14

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ПТ-0,5	935 Ом	R_{66}	ВС-0,5	24 кОм
R_2	ПТ-0,5	152 Ом	R_{67}	ВС-0,5	560 кОм
R_3	ПТ-0,5	186 Ом	R_{68}	ВС-0,25	4,7 кОм
R_4	ПТ-0,5	264 Ом	R_{69}	ВС-0,5	39 кОм
R_5	ПТ-0,5	353 Ом	R_{70}	Омега А	30 кОм
R_6	ПТ-0,5	530 Ом	R_{71}	ВС-1	270 кОм
R_7	ПТ-0,5	863 Ом	R_{72}	ВС-1	390 кОм
R_8	ПТ-0,5	1790 Ом	R_{73}	ВС-0,5	24 кОм
R_9	ПТ-0,5	5400 Ом	R_{74}	ВС-0,5	200 Ом
R_{10}	ПТ-0,5	630 Ом	R_{75}	ВС-1	68 кОм
R_{11}	ПТ-0,5	71,37 Ом	R_{76}	ВС-0,5	560 Ом
R_{12}	ПТ-0,5	54,65 Ом	R_{77}	ВС-2	15 кОм
R_{13}	ПТ-0,5	43,38 Ом	R_{78}	ВС-0,5	10 кОм
R_{14}	ПТ-0,5	35,32 Ом	R_{79}	ВС-0,5	39 кОм
R_{15}	ПТ-0,5	29,4 Ом	R_{80}	ВС-2	15 кОм
R_{16}	ПТ-0,5	24,89 Ом	R_{81}	ВС-0,5	68 кОм
R_{17}	ПТ-0,5	21,46 Ом	R_{83}—R_{85}	ВС-2	27 кОм
R_{18}	ПТ-0,5	18,64 Ом	R_{86}, R_{87}	ПТ-0,5	125 Ом
R_{19}	ПТ-0,5	16,39 Ом	R_{91}	ВС-0,5	150 Ом
R_{20}	ПТ-0,5	83,49 Ом	R_{93}	ПП2-4	250 Ом
R_{21}	ПТ-0,5	150 Ом	R_{94}	ВС-0,25	560 Ом
R_{38}	Проволочный	100 Ом	R_{95}, R_{96}	ВС-0,25	560 кОм
R_{39}	ПТ-0,5	24 850 Ом	R_{97}	ПО-10	300 Ом
R_{40}	Проволочный	500 Ом	C_1, C_2	КЭ	20 мкФ; 450В
R_{41}	ПТ-0,5	51,78 Ом	C_3	БМ-ДШ2Б	2х0,25 мкФ
R_{42}	ПТ-0,5	125 Ом	C_4, C_5	КСО-5	0,01 мкФ
R_{43}	ПТ-0,5	301,8 Ом	C_6	БМ-Д1Б	0,5 мкФ
R_{44}	ПО-30	1,5 кОм	C_7	КСО-5	0,01 мкФ
R_{45}	ВС-0,5	560 кОм	C_8	КСО-3	0,001 мкФ
R_{46}	ВС-2	12 кОм	C_9	КСО-5	0,01 мкФ
R_{48}	РПО-25	50 Ом	C_{10}	КСО-3	0,001 мкФ
R_{49}, R_{49a}	РПО-25	500 Ом	C_{11}	КСО-5	0,01 мкФ
R_{50}	ВС-1	270 кОм	C_{12}	КСО-5	5100 пФ
R_{51}	ВС-0,5	680 кОм	C_{13}	КСО-2	100 пФ
R_{52}	ВС-0,5	270 кОм	C_{14}—C_{18}	КСО-2	560 пФ
R_{53}	ВС-0,5	750 кОм	C_{19}, C_{20}	КСО-5	0,01 мкФ
R_{54}	ВС-1	390 кОм	C_{21}, C_{22}	КЭ	20 мкФ; 450В
R_{55}	ВС-0,5	560 кОм	C_{23}	КСО-5	0,01 мкФ
R_{57}	ВС-0,25	10 кОм	Л_1, Л_2	5Ц4С	—
R_{58}	ВС-0,5	120 кОм	Л_3	6П3С	—
R_{59}	ВС-2	150 кОм	Л_4	6Н9С	—
R_{60}	Омега А	47 кОм	Л_5	СГ4С	—
R_{62}	ВС-0,25	580 кОм	Л_6, Л_7	6Н8С	—
R_{63}	ВС-0,5	1000 МОм	Л_8	Клистрон	—
R_{64}	ВС-0,5	560 кОм	Л_9	0,85Б-5,5-12	—
R_{65}	ВС-0,5	39 кОм	Л_{10}	6П6С	—
			Л_{11}	МН-14	6,3 В; 0,28 А

2. Убедиться в соответствии положения переключателя силового трансформатора имеющемуся напряжению.

3. Переключатель сети установить в положение «выкл.».

4. Переключатель «прибор» поставить в положение «уст.».

5. При нормальной и пониженной окружающей температуре переключатель установить в положение «1 мвт»; при повышенной температуре — в положение «0,5 мвт».

6. Переключатель «род работы» установить в положение «I» (режим непрерывных колебаний).

7. Переключатель «генератор» поставить в положение «выкл.».

8. Кабель питания подключить к колодке прибора (на левой боковой стенке) и к сети.

9. Включить питание (при этом должна загореться лампочка подсвета шкалы частотомера в окне) и дать прибору прогреться в течение 10—15 мин. Ручкой «установка пит. моста» установить стрелку прибора на 2 мВт (200 мкА).

Примечание. Если установить стрелку прибора на 200 мкА не удается, то прибор неисправлен.

10. Ручку «установка нуля плавно» поставить в среднее положение, а ручку «чувствит.» — в крайнее положение, вращая против часовой стрелки.

11. Переключатель «прибор» перевести в положение «работа».

12. Переключателем «измерение» добиться такого положения, чтобы перевод его на одну ступень вправо увеличивал показания прибора, а на одну ступень влево — отклонял стрелку прибора вправо на нуль.

Примечание. Если этого добиться не удается, следует перевести переключатель в положение «0,5 мвт».

13. Ручкой «установка нуля плавно» установить стрелку прибора на нуль.

14. Переключателем проверить прибор и, если необходимо, ручкой «установка пит. моста» установить стрелку на деление 2 мВт (200 мкА); после этого переключатель поставить в положение «работа».

15. Произвести калибровку шкалы прибора (положение «1 мвт»). Для этого необходимо:

повернуть переключатель «измерение—подогрев» на одну ступень по ходу часовой стрелки, если верхний переключатель установлен на «1 мвт», и на две ступени — если на «0,5 мвт». Показания прибора должны установиться равными 1 мВт (100 мкА). Если показания прибора не соответствуют 1 мВт, то ручкой «чувствит.» установить стрелку прибора на 100 мкА;

перевести переключатель «измерение—подогрев» в исходное положение. Прибор должен показывать нуль (допустимы отклонения на три деления). При необходимости установить стрелку на нуль с помощью ручки «установка нуля плавно» и повторить калибровку шкалы до полного соответствия показаний.

16. Проверить высокочастотный генератор. Для этого необходимо:

переключатель генератора перевести в положение «вкл.»;

ручкой «частота плавно» добиться максимальных показаний прибора;

ручкой «мощность» установить стрелку прибора на 100 мкА.

Мощность, идущая от клистронного генератора на выход, равна 1 мВт. Частотомер должен быть расстроен. Для этого ручку частотомера установить так, чтобы показания прибора оставались неизменными при вращении ее на 2—3 оборота.

Примечание. Вследствие прогрева установка нуля прибора может нарушиться, поэтому при работе следует производить периодическую проверку и установку нуля.

Прибор ГК4-14 подключается к исследуемому объекту при помощи волноводно-коаксиальных переходников, входящих в комплект прибора. Схемы соединения подобны вариантам подключения прибора Г4-2 (см. рис. 191).

Способ связи выбирают при условии, что средняя мощность на входном фланце волновода не превышает 2 мВт, импульсная мощность не превышает 200 Вт.

Измерение мощности

Для измерения мощности необходимо:

1. Подключить прибор к исследуемому объекту.
2. При включенном исследуемом объекте подготовить прибор к работе (пп. 1—15).
3. Установить аттенюаторы на максимальное затухание.
4. Включить исследуемый объект и изменять затухание аттенюаторов до получения на приборе 1 мВт (100 мкА).

Значение измеряемой мощности определяется по прибору с учетом затухания аттенюаторов и волноводно-коаксиальных переходов.

Затухание аттенюаторов определяется по таблице, расположенной на передней панели прибора, или по графику в формуляре в соответствии с показаниями по шкале аттенюаторов.

Затухание волноводно-коаксиальных переходов имеет следующие значения:

двойной и одинарный волноводно-коаксиальный переход — в среднем 7—10 ± 1 дБ (точное значение указано в формулярах);

гибкий волновод — не более 0,25 дБ.

Затухание в воздухе от ненаправленного излучателя до рупорной антенны:

63,1 дБ для расстояния 24 м;

57,1 дБ для расстояния 12 м.

Усиление рупорной антенны 20 ± 0,5 дБ.

Суммарное значение затухания равно средней мощности на выходе исследуемого объекта (в децибелах сверх 1 мВт).

Пример. Для измерения мощности передатчика прибор подключен при помощи рупорной антенны, установленной на расстоянии 12 м от антенны передатчика. При измерении получилось:

Отсчеты:

0° по I аттенюатору, что соответствует	0 дБ
—35° по II аттенюатору, что соответствует	—18 дБ
Затухание в воздухе линии связи длиной 12 м	—57,1 дБ
» в кабеле (от рупора к прибору)	—7 дБ
Усиление антенны исследуемого объекта	+24 дБ
» рупорной антенны	+20 дБ
Общее затухание	—38,1 дБ

Это означает, что средняя мощность на выходе передатчика на 38,1 дБ превышает 1 мВт. Находим мощность передатчика, равную 6,46 Вт.

Измерение частоты

Для измерения частоты необходимо выполнить пп. 1—4 для измерения мощности, а затем, вращая ручку настройки, найти такое ее положение, при котором показания прибора минимальны, а поворот ручки в обе стороны приводит к увеличению показаний прибора.

Значение измеряемой частоты определить по графикам в формуляре или по таблицам, расположенным на передней панели прибора или в формуляре в соответствии с показаниями шкалы частотомера.

Таблица на передней панели составлена так, что две соседние фиксированные волны отличаются на 30 МГц.

Пользование прибором как генератором сигнала

Установка частоты генератора. Частота генератора устанавливается только в режиме непрерывной генерации. Для установки требуемой частоты необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Определить частоту генерируемых колебаний. Для этого, вращая ручку настройки частотомера, добиться минимальных показаний прибора. При правиль-

ной настройке поворот ручки в обе стороны приводит к увеличению показаний прибора. Показания шкалы частотомера по графику или таблицам перевести в частоту. При несоответствии полученной частоты заданной произвести настройку ручками «частота плавно» и «частота грубо». Снова измерить частоту. Выполнять это до тех пор, пока не установится требуемая частота.

После установки и измерения частоты частотомер расстроить. Для этого ручку настройки частотомера повернуть на 2—3 оборота.

Для установки требуемой мощности на выходе прибора необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить требуемую частоту.
3. Установить необходимое затухание аттенюаторов.

Пример. Необходимо установить мощность на выходном фланце 0,1 мкВт.

Находим, что этому значению мощности по отношению к 1 мВт соответствует затухание аттенюаторов 40 дБ. Как видно из таблицы, расположенной на передней панели, такое затухание одним аттенюатором установить нельзя. Необходимо установить указатель ручки «аттенюатор I» на 87° (30 дБ), а указатель ручки «аттенюатор II» на 40° (10 дБ).

Можно установить и другие положения аттенюаторов, но суммарное затухание аттенюаторов должно быть равно требуемому.

Работа с прибором

Для работы в режиме непрерывных колебаний необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить требуемую частоту генератора и требуемую мощность на выходе прибора.

Для работы импульсными сигналами с внутренней манипуляцией необходимо:

1. Подготовить прибор для работы в режиме непрерывных колебаний.
2. Перевести переключатель «род работы» в положение «II». Показания индикатора при этом должны уменьшиться до 25% первоначальной величины. Частота генератора меняется не более чем на 3 МГц.

Для работы импульсными сигналами с внутренней манипуляцией и синхронизацией видеоимпульсов необходимо:

1. Подготовить прибор к работе импульсными сигналами.
2. Переключатель полярности синхронизирующих импульсов установить в положение, соответствующее полярности импульсов.
3. Подключить выход генератора синхронизирующих импульсов к коаксиальному гнезду прибора (на левой боковой стенке).

Синхронизирующий импульс должен удовлетворять следующим требованиям:

длительность импульса 0,2—4 мкс;
амплитуда импульса 1—20 В;
частота повторения 100—2000 Гц.

Следует иметь в виду, что входное сопротивление цепи синхронизации около 100 Ом.

Устойчивой синхронизации соответствуют показания прибора порядка 2—5 делений шкалы.

Для работы импульсными сигналами с внутренней манипуляцией при синхронизации высокочастотным импульсом необходимо:

1. Подготовить прибор к работе импульсными сигналами с внутренней манипуляцией.
2. Переключатель «род работы» перевести в положение «III» (синхронизация ВЧ).
3. Переключатель «синхрон.» установить в положение «+».
4. Подключить прибор к исследуемому объекту.
5. Включить объект и наблюдать на экране индикатора неподвижные контрольные отметки.

Если контрольные отметки отсутствуют или перемещаются по экрану, необходимо проверить синхронизирующий импульс. Для этого осциллографом следует проверить форму, длительность и амплитуду импульса. Вход осциллографа подключается к коаксиальному гнезду прибора (на левой боковой стенке).

Если импульс не отвечает требованиям к синхронизирующим импульсам, следует подстроить камеру кристаллического детектора, вращая торцовым ключом болт с квадратной головкой, обозначенный на передней панели «настройка детектора».

Для работы с внешней манипуляцией необходимо:

1. Подготовить прибор для работы в режиме непрерывной генерации.

2. Подключить выход генератора импульсов к коаксиальному гнезду (на левой боковой стенке).

3. Переключатель «род работы» поставить в положение «IV» и включить генератор импульсов. В этом случае длительность сигналов на выходе прибора ГК4-14 приблизительно равна длительности модулирующих импульсов.

Модулирующие импульсы при этом должны быть отрицательной полярности амплитудой 20—25 В.

Следует иметь в виду, что входное сопротивление цепи внешней манипуляции более 10 кОм.

Для работы частотно-модулированными колебаниями необходимо:

1. Подготовить прибор к работе в режиме непрерывной генерации.

2. Подключить к коаксиальному гнезду (на левой боковой стенке) выход звукового генератора и включить его.

Для получения девиации ±30 МГц необходимо установить амплитуду модулирующего напряжения в пределах 9—12 В.

Генератор стандартных сигналов Г4-18

Предназначен для проверки и настройки радиоприемной аппаратуры в лабораторных и цеховых условиях.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот 100 кГц — 35 МГц.

2. Погрешность установки частоты не более ±1%.

3. Кратковременная нестабильность частоты не превышает 0,02—50 Гц после самопрогрева в течение одного часа.

Указанная нестабильность гарантируется после дополнительного 10-минутного прогрева после переключения поддиапазонов рабочих частот.

4. Изменение ослабления аттенюатора (реакция аттенюатора) приводит к изменению частоты генератора не более чем на 0,03%.

5. Паразитная девиация частоты в режиме непрерывной генерации не превышает 300 Гц.

6. Генератор обеспечивает получение калиброванного напряжения от 1 мкВ до 0,1 В на конце кабеля с нагрузочным сопротивлением 75 Ом. Дополнительный делитель на конце кабеля обеспечивает деление выходного напряжения в 10 раз (до 0,1 мкВ). В режиме максимального выхода при немодулированной генерации выходное напряжение до 2 В.

7. Погрешность установки опорного напряжения не превышает ±10% —6%.

8. Погрешность установки ослабления аттенюатора не более +10%—14%.

9. Изменение опорного значения выходного напряжения за 10 мин после самопрогрева прибора в течение одного часа не более 0,3%. Погрешность установки малых значений выходного напряжения не более 0,05 мкВ.

10. Выходное сопротивление прибора с выносным делителем составляет:

34 Ом ± 2,5% в положении «1» и нулевом ослаблении декадного аттенюатора;

37,5 Ом ±2% в положении «1» и ослаблении декадного аттенюатора 20, 40, 60 и 80 дБ;

7 Ом ±3% — в положении «0,1».

11. Генератор может работать в режиме:

немодулированной генерации (НГ);

внутренней амплитудной модуляции синусоидальным напряжением с частотой 400 и 1000 Гц ±5%;

внешней амплитудной модуляции синусоидальным напряжением с частотой от 50 до 15 000 Гц.

12. Коэффициент амплитудной модуляции регулируется в пределах:

от 10 до 100% при частотах модуляции от 50 до 10 000 Гц;

от 10 до 50% при частотах модуляции от 10 до 15 кГц.

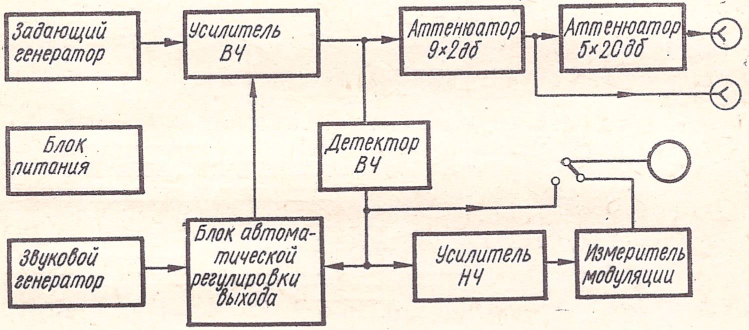


Рис. 206. Структурная схема прибора Г4-18.

13. Погрешность установки коэффициента амплитудной модуляции не превышает:

±5% от номинала шкалы (100%) при глубине модуляции до 50%;

±10% при глубине модуляции от 50 до 80%.

14. Погрешность установки коэффициента глубины модуляции при внешней модуляции не превышает указанной в п. 13 на частотах модуляции от 50 до 5000 Гц и ±10% от номинала шкалы (100%) на частотах от 5 до 15 кГц при использовании графика поправок, приведенного в инструкции.

15. Амплитуда любой из гармоник несущей частоты не более 3% от амплитуды первой гармоники.

16. Паразитная девиация частоты (f) в режиме амплитудной модуляции при коэффициенте амплитудной модуляции до 30% не превышает $2 \cdot 10^{-5} f \pm 100$ Гц.

17. Экранировка генератора обеспечивает возможность работы с минимальным сигналом 0,1 мкВ.

18. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 ± 0,5 Гц напряжением 220 В ±10%.

19. Вес прибора 18 кг, габаритные размеры 390×280×290 мм.

Схема прибора

Структурная схема прибора (рис. 206) содержит задающий генератор, усилитель ВЧ, звуковой генератор, измеритель уровня выходного напряжения, измеритель коэффициента амплитудной модуляции, блок автоматической регулировки выхода, систему аттенюаторов и блок питания.

Принципиальная схема прибора Г4-18 приведена на рис. 207.

Задающий генератор собран по схеме с трансформаторной обратной связью на лампе $Л_1$ с включением колебательной системы между анодом и экранной сеткой.

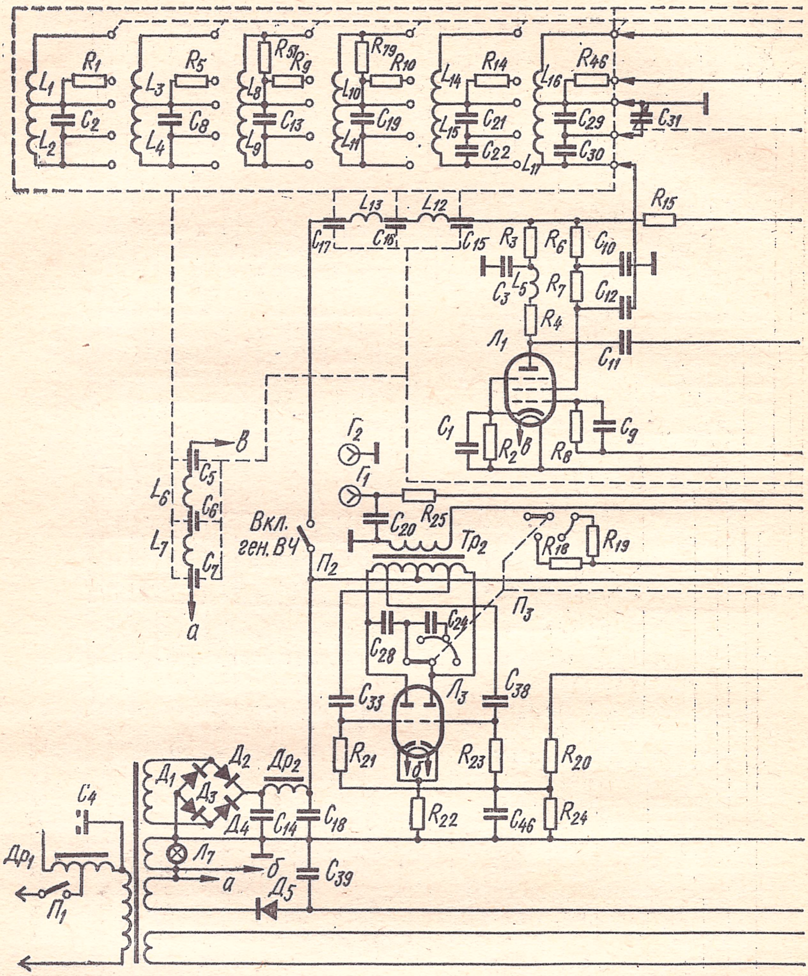

R1
L1
C2
L2
R5
L3
C8
L4
R5
R9
L8
C13
L9
R79
R10
L10
C19
L11
R14
L14
C21
L15
C22
R46
L16
C29
C30
L17
C31
L13
L12
C17
C16
C15
R15
R3
R6
C10
C3
L5
R7
C12
R4
Л1
C11
C1
R2
в
R8
C9
Г2
Г1
R25
C20
Тр2
Вкл. ген. ВЧ
П2
R18
R19
П3
в
C5
L6
C6
L7
C7
а
C24
C28
C33
Л3
C38
R21
б
R23
R20
R22
C46
R24
Д1
Д2
Д3
Д4
Др2
C14
C18
C4
Др1
Л7
б
а
C39
Д5
П1

Рис. 207. Принципиальная

Частота генерации изменяется переключением контурных катушек L_1—L_4, L_8—L_{11}, L_{14}—L_{17} и конденсаторов C_2, C_8, C_{13}, C_{19}, C_{21}, C_{22}, C_{29} и C_{30}. Ручка переключателя выведена на переднюю панель (рис. 208) и обозначена «диапазоны». Плавное изменение частоты осуществляется конденсатором переменной емкости C_{31}, ручка которого на передней панели обозначена «частота». Для снятия кривых избирательности приемников в генераторе предусмотрено верньерное устройство, ручка которого с нониусной шкалой выведена на переднюю панель.

Усилитель высокой частоты выполнен по схеме последовательного питания через контур в анодной цепи лампы $Л_2$. Переключаются эти контуры при установке необходимого поддиапазона частот. Настройка этих контуров на частоту

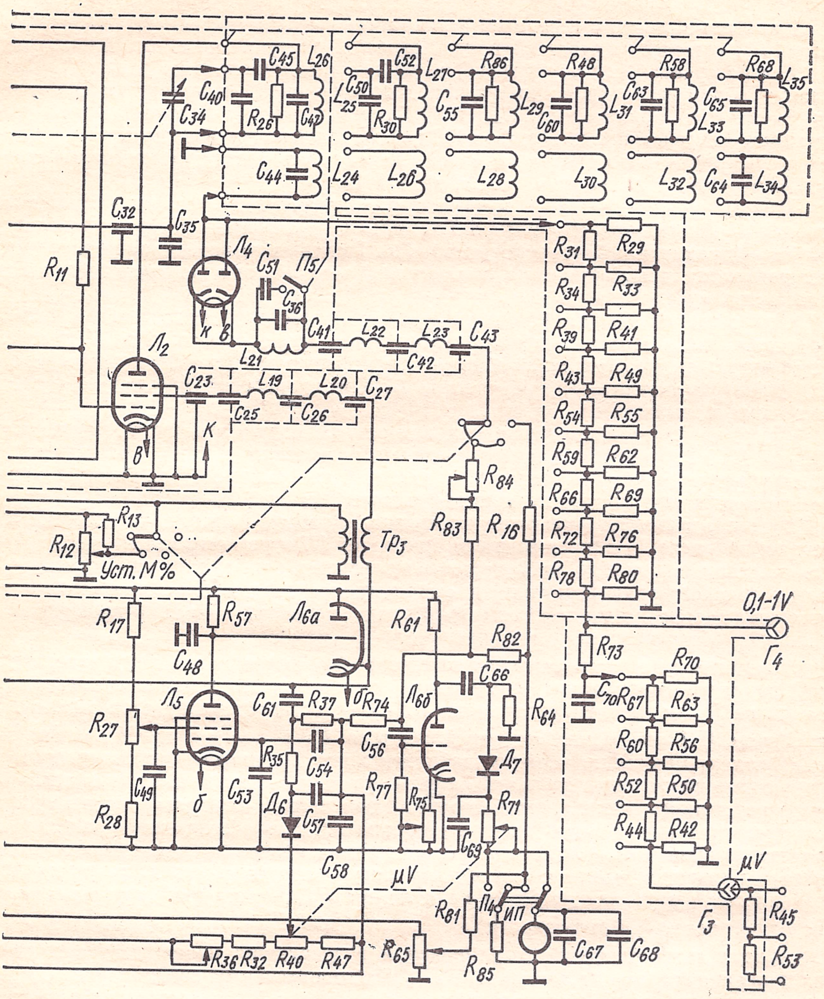

C45
L26
C52
R86
R48
R58
R68
L35
C40
C34
R26
C47
C50
L25
R30
L27
C55
L29
C60
L31
C63
C65
L33
C44
L24
L26
L28
L30
L32
C64
L34
C32
C35
R11
Л4
C51
П5
C36
к
в
C41
L22
L23
C43
L21
C42
Л2
C23
L19
L20
C27
C25
C26
в
К
R31
R29
R34
R33
R39
R41
R43
R49
R54
R55
R59
R62
R66
R69
R72
R76
R78
R80
R84
R83
R16
R13
R12
Уст. М%
Тр3
0,1-1V
Г4
R17
R57
Л6а
R61
R82
R73
R70
C48
C66
C70
R67
R63
Л5
C61
R37
б
R74
Л6б
R64
R27
C56
R60
R56
C54
R35
Д7
C49
C53
R77
R75
R71
R52
R50
б
Д6
C57
R28
C69
R44
R42
C58
µV
µV
R81
П4
ИП
Г3
R45
R65
C67
C68
R53
R36
R32
R40
R47
R85

схема прибора Г4-18.

генерации осуществляется конденсатором C_{34}, емкость которого изменяется при установке частоты совместно с емкостью конденсатора C_{31}.

Выходное напряжение генератора регулируется изменением постоянного напряжения на экранной сетке лампы $Л_2$. Изменением напряжения вручную на экранной сетке лампы $Л_5$ (схемы автоматической регулировки выходного напряжения) при помощи потенциометра R_{27} (ручка на передней панели обозначается «установка уровня К») изменяется потенциал на аноде той же лампы $Л_5$, который в свою очередь управляет током лампы $Л_{6а}$. Ток лампы $Л_{6а}$ определяет потенциал экранной сетки лампы $Л_2$, который и определяет усиление каскада УВЧ.

Питается задающий генератор и усилитель высокой частоты через переключатель $П_2$, который на передней панели имеет обозначение «вкл. ген. ВЧ».

Генератор звуковой частоты собран по двухтактной схеме на лампе $Л_3$. Частота генерации определяется индуктивностью первичной обмотки трансформатора $Тр_2$ и емкостью конденсатора C_{28} (1000 Гц) или емкостью последовательно соединенных конденсаторов C_{28} и C_{24} (400 Гц). Устанавливается частота переключателем $П_3$, ручка которого на передней панели имеет следующие положения: «400 Hz», «1000 Hz», «внешн. мод.», «2 V НГ».

Для модуляции ВЧ колебаний напряжение звуковой частоты подается со вторичной обмотки трансформатора $Тр_2$ через переключатель $П_3$ и потенциометр R_{12} на модуляционный трансформатор $Тр_3$. Ручка этого потенциометра служит для регулировки коэффициента амплитудной модуляции и на передней панели обозначена «уст. М%».

При внешней модуляции модулирующее напряжение подводится к гнезду $Г_1$ «внешн. мод.» и поступает на модуляционный трансформатор $Тр_3$. Модулирующее напряжение со вторичной обмоткой трансформатора $Тр_3$ подводится к экранной сетке усилителя высокой частоты ($Л_2$) и происходит модуляция высокочастотных колебаний.

Модулирующее напряжение при внутренней модуляции (до 60 В) частоты 400 или 1000 Гц генератора звуковой частоты подключено к гнезду «внешн. мод.», поэтому источник внешней модуляции должен быть отключен. При внешней модуляции внутренний генератор звуковой частоты должен быть отключен.

Уровень выходного напряжения контролируется диодным вольтметром, собранным на лампе $Л_4$ с индикаторным прибором *ИП* и резисторами R_{82}—R_{84}. Для компенсации начального тока диодов используется напряжение, снимаемое с обмотки силового трансформатора и выпрямленное диодом $Д_5$. Нуль вольтметра устанавливается потенциометром R_{65}, ручка которого выведена на переднюю панель с обозначением «уст. нуля».

Напряжение с части нагрузки детектора (R_{82}) подается на схему измерителя коэффициента модуляции. Переменная составляющая усиливается каскадом на лампе $Л_{6б}$ и детектируется диодом $Д_7$, ток которого измеряется стрелочным прибором *ИП* при установке переключателя $П_4$ в положение «М%». Так как коэффициент модуляции измеряется путем контроля продетектированного модулирующего напряжения звуковой частоты, уровень которого зависит от величины высокочастотного сигнала, то необходимо одновременно контролировать и уровень несущей того же сигнала (величину уровня К). Для обеспечения правильности показаний измерителя коэффициента модуляции при различных уровнях выходного напряжения вместе с положением регулятора опорного напряжения (R_{40}) изменяется сопротивление R_{71} в цепи лампы $Л_{6б}$. Ручка этой регулировки на передней панели обозначена «μV».

Схема автоматической регулировки и поддержания постоянства выходного напряжения собрана на лампах $Л_5$ и $Л_{6а}$. Работает она следующим образом. Часть продетектированного выходного сигнала с резистора R_{82} последовательно с опорным напряжением подается на сетку лампы $Л_5$. В зависимости от величины результирующего напряжения меняется ток и падение напряжения на резисторе R_{57} в анодной цепи этой лампы, что изменяет потенциал управляющей сетки лампы $Л_{6а}$ и падение напряжения на ней. Это, в свою очередь, приводит к изменению потенциала экранной сетки лампы $Л_2$, изменяя ее усиление и величину выходного сигнала, что вызывает обратную реакцию за счет обратной связи по напряжению, снимаемому с сопротивления R_{82}, до тех пор, пока не установится стабильный режим постоянства выходного напряжения. Но уровень выходного сигнала определяется установкой напряжения на экранной сетке лампы $Л_5$ потенциометром R_{27} («установка уровня К») и величиной опорного напряжения.

Источником опорного напряжения является выпрямитель, работающий на диоде $Д_6$. Изменяется опорное напряжение потенциометром R_{40}, ручка которого на передней панели обозначена «μV».

Напряжение калиброванного выходного сигнала после установки его уровня изменяется при помощи двух ступенчатых аттенюаторов, обеспечивающих изменение уровня напряжения через 2 дБ (R_{29}, R_{31}, R_{33}, R_{34}, R_{39}, R_{41}, R_{43}, R_{49}, R_{54}, R_{55}, R_{59}, R_{62}, R_{66}, R_{69}, R_{72}, R_{76}, R_{78}, R_{80} и через 20 дБ (R_{42}, R_{44}, R_{50}, R_{52}, R_{56}, R_{60}, R_{63}, R_{67}, R_{70}). Ручки этих аттенюаторов на передней панели обозначены «выход».

Плавное изменение уровня выходного напряжения в пределах 2 дБ осуществляется изменением опорного напряжения при помощи потенциометра R_{40} (ручка «μV»).

После аттенюатора со ступенями 2дБ имеется отдельный выход с напряжением 0,1—1 V (гнездо $Г_4$).

Питается прибор через феррорезонансный стабилизатор ($Др_1$, $С_4$, $Тр_1$) и выпрямитель на диодах ($Д_1$—$Д_4$).

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г4-18 приведена в табл. 100.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 208). В комплект прибора входит два кабеля для соединения с другими приборами, один из которых на конце имеет декадный делитель.

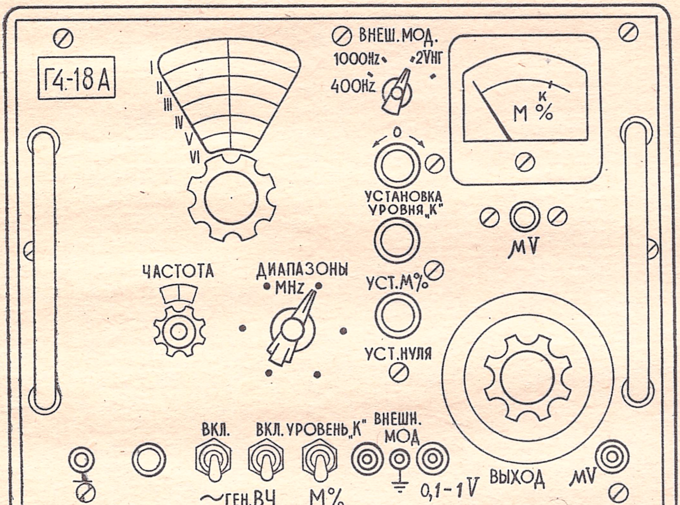

Г4-18 А
I
II
III
IV
V
VI
ВНЕШ. МОД.
1000Hz
2VНГ
400Hz
0
M %
K
УСТАНОВКА УРОВНЯ „К"
MV
ЧАСТОТА
ДИАПАЗОНЫ MHz
УСТ. M%
УСТ. НУЛЯ
ВКЛ.
ВКЛ. УРОВЕНЬ „К"
ВНЕШН. МОД
~ГЕН. ВЧ
M%
0,1-1V
ВЫХОД
MV

Рис. 208. Вид передней панели прибора Г4-18.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Переключатель сети и генератора ВЧ установить в положение выключено.
2. Ручки «установка уровня К» и «уст. М%» повернуть против часовой стрелки до упора.
3. Переключатель измерителя «уровень К» и «М%» установить в верхнее положение.
4. Подключить прибор к сети.

100. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г4-18

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	МЛТ-0,5	82 кОм	R_{52}	БЛП-0,1	372 Ом
R_2	МЛТ-0,5	130 Ом	R_{53}, R_{54}	БЛП-0,1	7,5 Ом
R_3	МЛТ-0,5	5,1 кОм	R_{55}	БЛП-0,1	872 Ом
R_4	МЛТ-0,5	390 Ом	R_{56}	БЛП-0,1	45,75 Ом
R_5	МЛТ-0,5	82 кОм	R_{57}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_6	МЛТ-0,5	27 кОм	R_{58}	МЛТ-0,5	16 кОм
R_7	МЛТ-0,5	15 кОм	R_{59}	БЛП-0,1	46,5 Ом
R_8	МЛТ-0,5	6,2 кОм	R_{60}	БЛП-0,1	372 Ом
R_9	МЛТ-0,5	100 кОм	R_{61}	МЛТ-0,5	82 кОм
R_{10}	МЛТ-0,5	43 кОм	R_{62}	БЛП-0,1	872 Ом
R_{11}	МЛТ-0,5	10 кОм	R_{63}	БЛП-0,1	45,75 Ом
R_{12}	СП-I-1	100 кОм	R_{64}	БЛП-0,5	82 кОм
R_{13}	МЛТ-0,5	51 кОм	R_{65}	СП-I-2	5 кОм
R_{14}	МЛТ-0,5	10 кОм	R_{66}	БЛП-0,1	46,5 Ом
R_{15}	МЛТ-0,5	1 кОм	R_{67}	БЛП-0,1	372 Ом
R_{16}	МЛТ-0,5	20 кОм	R_{68}	МЛТ-0,5	20 кОм
R_{17}	МЛТ-0,5	62 кОм	R_{69}	БЛП-0,1	872 Ом
R_{18}	МЛТ-0,5	12 кОм	R_{70}	БЛП-0,1	41,2 Ом
R_{19}	МЛТ-0,5	15 кОм	R_{71}	СП-I-1	50 кОм
R_{20}	МЛТ-0,5	390 кОм	R_{72}	БЛП-0,1	46,5 Ом
R_{21}	МЛТ-0,5	30 кОм	R_{73}	БЛП-0,1	337,5 Ом
R_{22}	МЛТ-0,5	560 Ом	R_{74}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{23},	МЛТ-0,5	30 кОм	R_{75}	СПО-0,5	1 кОм
R_{24} R_{25}	МЛТ-0,5	51 кОм	R_{76}	БЛП-0,1	872 Ом
R_{26}	МЛТ-0,5	6,2 кОм	R_{77}	МЛТ-0,5	1 МОм
R_{27}	СП-I-1	50 кОм	R_{78}, R_{79}	БЛП-0,1	46,5 Ом
R_{28}	МЛТ-0,5	16 кОм	R_{80}	БЛП-0,1	344 Ом
R_{29}	БЛП-0,1	179,4 кОм	R_{81}	МЛТ-0,5	150 кОм
R_{30}	МЛТ-0,5	7,5 кОм	R_{82}	БЛП-0,1	8,2 кОм
R_{31}	БЛП-0,1	46,5 Ом	R_{83}	МЛТ-0,5	470 Ом
R_{32}	МЛТ-0,5	3,6 кОм	R_{84}	СПО-0,5	2,2 кОм
R_{33}	БЛП-0,1	872 Ом	R_{85}	МЛТ-0,5	820 Ом
R_{34}	БЛП-0,1	46,5 Ом	R_{86}	МЛТ-0,5	12 кОм
R_{35}	МЛТ-0,5	1 МОм	C_1	КСО-2	1200 пФ
R_{36}	СП-II	5 кОм	C_2	КПК-1	4—15 пФ
R_{37}	МЛТ-0,5	3,3 МОм	C_3	К40П-2а	0,047 мкФ
R_{38}	БЛП-0,1	872 Ом	C_4	МБГП-1	4 мкФ
R_{39}	БЛП-0,1	46,5 Ом	C_5	КБП-Р	0,022 мкФ
R_{40}	Проволочный	365 Ом	C_6	КТП-2а-К	330 пФ
R_{41}	БЛП-0,1	872 Ом	C_7	КБП-Р	0,022 мкФ
R_{42}	БЛП-0,1	91,5 Ом	C_8	КПК-1	4—15 пФ
R_{43}	БЛП-0,1	46,5 Ом	C_9	КСО-1	100 пФ
R_{44}	БЛП-0,1	372 Ом	C_{10}	К40П-2а	0,047 мкФ
R_{45}	БЛП-0,1	67,5 Ом	C_{11}	КСО-2	1000 пФ
R_{46}	МЛТ-0,5	6,2 кОм	C_{12}	К40П-2б	0,01 мкФ
R_{47}	БЛП-0,1	2,4 кОм	C_{13}	КПК-1	4—15 пФ
R_{48}	МЛТ-0,5	16 кОм	C_{14}	КЭ-2	20 мкФ
R_{49}	БЛП-0,1	872 Ом	C_{15}	КБП-Р	0,022 мкФ
R_{50}	БЛП-0,1	45,75 Ом	C_{16}	КТП-2а-К	330 пФ
R_{51}	БЛП-0,1	46,5 Ом	C_{17}	КБП-Р	0,022 мкФ

Продолжение табл. 100

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_{18}	КЭ-2	20 мкФ	L_1	№ 1	700 мкГ
C_{19}	КПК-1	4—15 пФ	L_2	№ 1	5240 мкГ
C_{20}	КСО-2	510 пФ	L_3	№ 2	160 мкГ
C_{21}	КПК-1	4—15 пФ	L_4	№ 2	580 мкГ
C_{22}	КСО-2	270 пФ	L_5	Д-3-1	1 мкГ
C_{23}	КТП-2а-К	330 пФ			
C_{24}	КБГ-М2	0,1 мкФ	L_6, L_7	Д-2-10	10 мкГ
C_{25}—C_{27}	КТП-2а-К	330 пФ	L_8	—	28 мкГ
			L_9	—	55 мкГ
C_{28}	МБГП-2	0,5 мкФ	L_{10}	—	2,5 мкГ
C_{29}	КПК-1	4—15 пФ	L_{11}	Д-2-10	5,88 мкГ
C_{30}	КСО-2	180 пФ			
C_{31}	Блок	15—520 пФ	L_{12}, L_{13}	Д-0,1-200	200 мкГ
C_{32}	КТП-2а-К	330 пФ			
C_{33}	К40П-2б	0,047 мкФ	L_{14}	—	0,92 мкГ
C_{34}	Блок	15—520 пФ	L_{15}	—	1,5 мкГ
C_{35}	КСО-2	1000 пФ	L_{16}	—	0,38 мкГ
C_{36}	КСО-2	1300 пФ	L_{17}	—	0,45 мкГ
C_{38}	К40П-2б	0,047 мкФ	L_{19}, L_{20}	Д-0,1-200	200 мкГ
C_{39}	ЭМ-15	10 мкФ	L_{21}	—	50 мГ
C_{40}	КПК-1	4—15 пФ	L_{22}, L_{23}	Д-0,1-200	200 мкГ
			L_{24}	№ 2	0,14 мкГ
C_{41}—C_{43}	КТП-2а-К	330 пФ	L_{25}	—	0,36 мкГ
			L_{26}	№ 1	0,27 мкГ
C_{44}	КТ-2б-П33	36 пФ	L_{27}	—	1,48 мкГ
C_{45}	КСО-2	180 пФ	L_{28}	№ 4	1,95 мкГ
C_{46}	МБМ	0,05 мкФ	L_{29}	—	6,28 мкГ
C_{47}	КД-1а-М700	5,1 пФ	L_{30}	№ 3	3,9 мкГ
C_{48}	МБМ	0,25 мкФ	L_{31}	—	54,2 мкГ
C_{49}	МБМ	0,05 мкФ	L_{32}	№ 2	11 мкГ
C_{50}	КПК-1	4—15 пФ	L_{33}	—	580 мкГ
C_{52}	КСО-2	270 пФ	L_{34}	№ 1	80 мкГ
C_{53}	МБМ	0,25 мкФ	L_{35}	—	5240 мкГ
C_{55}	КПК-1	4—15 пФ	$Л_1$	6Ж5П	—
			$Л_2$	6К4П	—
C_{56}—C_{58}	МБМ	0,05 мкФ	$Л_3$	6Н3П	—
			$Л_4$	6Х2П	—
C_{60}	КПК-1	4—15 пФ	$Л_5$	6Ж9П	—
C_{61}	КСО-5	6800 пФ	$Л_6$	6Н2П	—
C_{63}	КПК-1	4—15 пФ	$Л_7$	МН-14	6,3В; 28А
C_{64}	КСО-5	10 000 пФ			
C_{65}	КПК-1	4—15 пФ	*ИП*	М-4207-10	—
C_{66}	МБМ	0,25 мкФ			
			$Д_1$—$Д_4$	Д7Ж	—
C_{67}, C_{68}	ЭМ-6	10 мкФ			
			$Д_5$	Д2В	—
C_{69}	МБМ	0,25 мкФ			
C_{70}	КТ-1а-П33	33 пФ	$Д_6$, $Д_7$	Д101А	—

5. Включить питание прибора (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 3—5 мин.

6. Переключатель рода работы установить в положение «внешн. мод.». Источник внешней модуляции должен быть отключен. Ручкой «уст. нуля» установить стрелку прибора на «0».

7. Перевести переключатель «ген. ВЧ» в положение «вкл.».

8. Визир «μV» повернуть против часовой стрелки до упора.

9. Ручкой «установка уровня К» установить стрелку прибора на риску «К».

Установка частоты

Необходимая частота генерации устанавливается ручкой «частота» после установки переключателя поддиапазонов в соответствии с обозначением на шторке под обрамлением.

Для установки частоты на выгравированной шкале следует определить цену деления нониусной шкалы верньера и в соответствии с этим установить требуемое значение частоты.

Установка и регулировка выходного напряжения

Выходное напряжение генератора выводится через переходные гнезда: «μV» кабелем с декадным делителем или «0,1—1 V» кабелем без делителя.

Напряжение до 0,1 В снимается с гнезда «μV». Выходное напряжение в этом случае можно изменить:

выбором зажима декадного делителя, с которого снимается напряжение (ступенями в 10 раз);

переключением делителя «выход» ступенями через 2 и 20 дБ;

ручкой «μV» плавно в пределах 2 дБ;

ручкой «установка уровня К».

Требуемое значение выходного напряжения устанавливается с учетом того, что оно определяется в зависимости от установленных ослаблений делителей к клеммам, к которым подключен исследуемый объект, по формуле

$$U_{\text{вых}} = K_1 K_2 K_3,\ \text{мкВ},$$

где K_1, K_2 — показания аттенюаторов прибора; K_3 — значение ослабления на выносном делителе.

Пример. Декадный делитель установлен в положение «×100» (K_1); риска визира «μV» совмещена с делением 32 лимба аттенюатора (K_2); схема подключена к зажиму «0,1» на выносном делителе (K_3).

При этом выходное напряжение

$$U_{\text{вых}} = 100 \cdot 32 \cdot 0{,}1 = 320\ \text{мкВ}.$$

Следует иметь в виду, что при повороте ручки «μV» стрелка прибора отклоняется влево. Подрегулировка ручкой «контроль уровня К» не допускается.

Выходное напряжение от 0,1 до 1 В снимается с гнезда «0,1—1V» кабелем без делителя. Изменение напряжения достигается переключением ступенчатого аттенюатора (через 2 дБ) и ручкой «μV» (в пределах 2 дБ). Выходное сопротивление генератора в этом случае 100 Ом. Погрешность установки выходного напряжения не гарантируется.

Выходное напряжение от 1 до 2 В также снимается с гнезда «0,1—1 V» только в режиме немодулированного сигнала при установке переключателя рода работы в положение «2VНГ».

Работа с прибором

Для работы немодулированными сигналами необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить требуемую частоту.
3. Установить необходимое выходное напряжение.

Для работы модулированными сигналами с внутренней модуляцией необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить требуемую частоту.
3. Перевести переключатель рода работы в положение «400 Hz» или «1000 Hz».
4. Перевести переключатель измерителя в положение «*M*%».
5. Ручкой «уст. *M*%» установить по показаниям стрелочного прибора требуемый процент глубины модуляции.
6. Установить необходимое выходное напряжение.

Для работы модулированным сигналом с внешней модуляцией необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить требуемую частоту.
3. Подключить источник модулирующего напряжения к гнезду «внешн. мод.» и установить на нем требуемую частоту модулирующего напряжения. Высшая частота модуляции $F_{\text{макс}}$ в зависимости от несущей частоты f_0 определяется выражением $F_{\text{макс}} \leqslant 0{,}02 f_0$.
4. Переключатель измерителя перевести в положение «*M*%».
5. Регулировкой выходного напряжения внешнего источника модуляции установить необходимый процент глубины модуляции по показаниям стрелочного прибора.

   При этом следует иметь в виду, что для получения 80% модуляции источник внешней модуляции должен обеспечивать получение 100 В напряжения на сопротивлении нагрузки 2000 Ом (мощность около 0,5 Вт).
6. Установить необходимое выходное напряжение генератора.

Для работы в режиме максимального выходного напряжения (до 2 В) необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить требуемую частоту.
3. Подключить исследуемый объект к гнезду «0,1—1V».
4. Перевести переключатель рода работы в положение «2VНГ».

ГЕНЕРАТОРЫ ИМПУЛЬСОВ

Основные характеристики импульсных измерительных генераторов приведены в табл. 101.

Генератор импульсов Г5-1

Является источником импульсов прямоугольной формы различной длительности и частоты следования. Генератор можно использовать для модуляции маломощных высокочастотных генераторов, при испытании видеоусилителей и импульсных схем.

Основные технические характеристики

1. Генератор вырабатывает импульсы длительностью от 0,1 до 10 мкс любой полярности.
2. Частота повторения импульсов может принимать следующие значения: 50; 70; 85; 100; 120; 170; 200; 250; 300; 400; 500; 600; 700; 800; 900; 1000 Гц и тот же ряд, умноженный на 10. Между указанными значениями частота повторения может изменяться плавно примерно на 15%.

101. Основные характеристики импульсных измерительных генераторов

Тип прибора	Длительность импульсов, мкс	Частота следования, Гц	Напряжение выхода, В
Г5-1	0,1—10	$50—10^4$	20—130
Г5-2А	1—400	$0{,}5—5 \cdot 10^3$	$10^{-5}—100$
Г5-3А	0,1—9,9	$10—10^4$	50
Г5-4А	0,1—9,9	$2—10^4$	40
Г5-5	0,1—15	200—2500	5—50
Г5-6А	$2—10^6$	$0{,}5—25 \cdot 10^4$	14
Г5-7	0,4—2000	$2—2 \cdot 10^4$	10—50
Г5-8	0,1—10	$250—10^4$	60
Г5-9	0,01—0,5	$10—10^4$	50
Г5-10	0,007—0,5	$10—10^4$	150
Г5-11	0,003—0,1	$40—15 \cdot 10^4$	70
Г5-12	$7 \cdot 10^{-4}—0{,}1$	150—200	$10^{-2}—100$
Г5-13	$7 \cdot 10^{-3}—0{,}5$	10—5000	50—250
Г5-15	0,1—10	$40—10^4$	100
Г5-16	0,01—0,05	$10^4—2{,}5 \cdot 10^6$	25
Г5-17	$1—10^{-6}$	$0{,}1—10^4$	50
Г5-19	0,01—0,5	$200—5 \cdot 10^6$	50
Г5-20	0,2—2	$1{,}5—6{,}5 \cdot 10^3$	1—100

3. Амплитуда импульсов на выходе генератора составляет при нагрузке 100 Ом не менее 130 В и не менее 20 В при нагрузке 75 Ом параллельно с емкостью 50 пФ.

4. Для получения малых выходных напряжений генератор имеет внешний аттенюатор с пятью ступенями деления: 1; 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001. Выходное сопротивление аттенюатора 820 Ом на первой ступени и 75 Ом на остальных.

5. Амплитуда синхронизирующих импульсов на выходе генератора не менее 20 В при нагрузке 5000 Ом, включенной параллельно с емкостью 50 пФ. Длительность синхронизирующего импульса 0,2 мкс.

6. Генератор запускается от внешнего импульса обеих полярностей, имеющего следующие данные:

частоту повторения от 50 до 10 000 Гц;
длительность от 0,5 до 20 мкс;
амплитуду от 10 до 200 В;
время нарастания 0,2 мкс.

7. Задержка переднего фронта импульса по отношению к переднему фронту запускающего импульса может изменяться в пределах 0,8—21 мкс через 1 мкс.

8. Генератор имеет осциллографический индикатор с калибратором длительности и амплитуды. Осциллографический индикатор можно использовать для наблюдения внешних импульсов.

9. Развертка индикатора имеет две длительности: 2,5 и 25 мкс.

10. Погрешности измерений генератором не превышают ±10%.

11. Питание прибора от сети переменного тока напряжением 115, 127, 220 В частотой 50 и 400 Гц. Потребляемая от сети мощность не более 275 Вт.

Схема прибора

Структурная схема генератора Г5-1 (рис. 209) содержит задающий генератор, усилитель синхронизации, каскады формирования импульсов, выходной усилитель импульсов, осциллографический индикатор, схему развертки с усилителем, калибратор длительности, калибратор частоты, блок питания, выносной аттенюатор.

Принципиальная схема генератора приведена на рис. 210.

Задающий генератор представляет собой блокинг-генератор, работающий на лампе $Л_{2б}$. Частота импульсов блокинг-генератора определяется постоянной времени цепочки RC, включенной в цепь сетки. Необходимая частота устанавливается изменением сопротивления переключателем $П_3$, ручка которого выведена на переднюю панель (рис. 211) и обозначена «частота следования имп.».

Диапазоны частот блокинг-генератора переключаются изменением емкости конденсаторов в цепи сетки (C_{10} на C_{11}) переключателем $П_2$, «диапазоны ×1—×10». Частота блокинг-генератора может изменяться плавно на величину до 15% подачей на сетку лампы $Л_{2б}$ с потенциометра R_{11} различных положительных напряжений. Ручка этой регулировки выведена на переднюю панель с обозначением «подстр. частоты». Для быстрого заряда емкости в цепь сетки $Л_{2б}$ включен диод $Л_{5а}$.

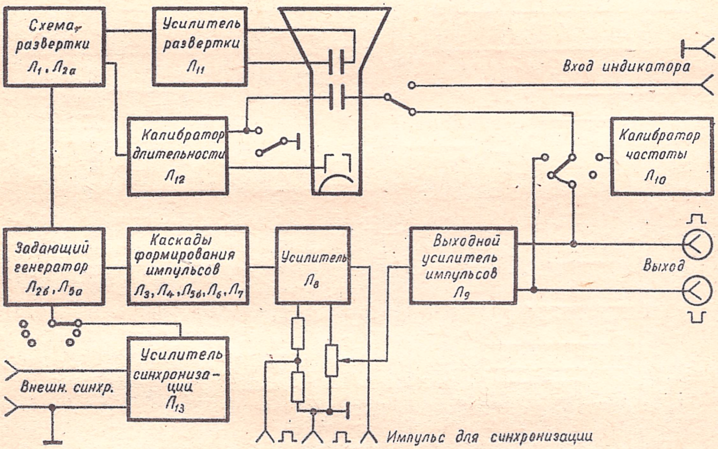


Схема развертки
$Л_1, Л_{2а}$
Усилитель развертки
$Л_{11}$
Вход индикатора
Калибратор длительности
$Л_{12}$
Калибратор частоты
$Л_{10}$
Задающий генератор
$Л_{2б}, Л_{5а}$
Каскады формирования импульсов
$Л_3, Л_4, Л_{5б}, Л_6, Л_7$
Усилитель
$Л_8$
Выходной усилитель импульсов
$Л_9$
Выход
Усилитель синхронизации
$Л_{13}$
Внешн. синхр.
Импульс для синхронизации

Рис. 209. Структурная схема прибора Г5-1.

В крайнем правом положении переключатель $П_3$ переводит блокинг-генератор в режим внешней синхронизации. При этом напряжение синхронизации должно подаваться к клеммам «внешн. синхрон.». Полярность сигнала внешней синхронизации изменяется переключателем $П_7$.

Синхронизирующее напряжение усиливается лампой $Л_{13а}$ и через линию задержки $ЛЗ_1$ подается на лампу $Л_{13б}$. Величина задержки устанавливается включением определенного числа секций линии задержки переключателем $П_6$, ручка которого на передней панели обозначена «задержка». Импульс с анодной нагрузки $Л_{13б}$ (R_{104}) запускает блокинг-генератор. Величина синхронизирующего напряжения регулируется потенциометром R_{98}, ручка которого обозначена «амплитуда синхр.».

Импульсы от блокинг-генератора поступают в схему формирования импульсов непосредственно или с задержкой в 1 мкс в зависимости от положения переключателя $П_9$, переключающего линию задержки $ЛЗ_3$.

Схема формирования импульсов работает на лампах $Л_3$, $Л_4$, $Л_{5б}$, $Л_6$, $Л_7$. На лампах $Л_3$ и $Л_4$ работает запертый мультивибратор. В исходном положении лампа $Л_4$ закрыта напряжением, снимаемым с потенциометра R_{42}.

Мультивибратор вырабатывает импульс длительностью 20 мкс независимо от длительности запускающего его импульса блокинг-генератора. В катод лампы

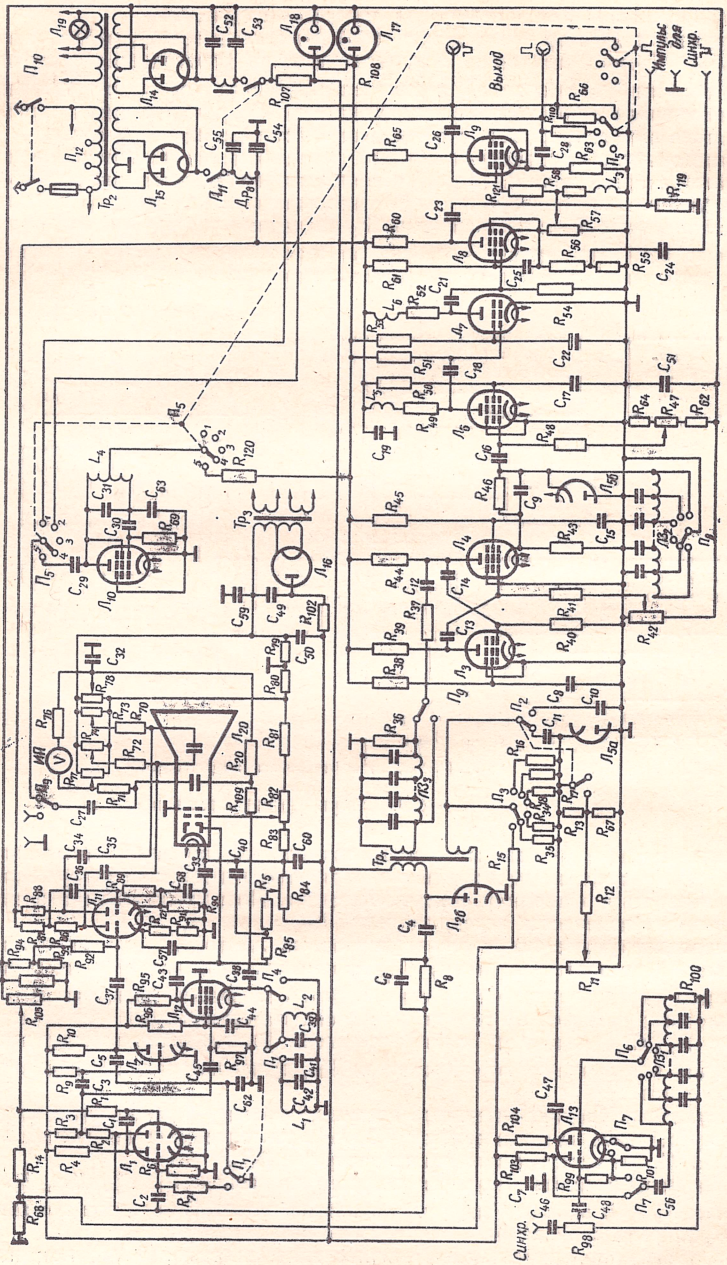

Л19
П10
П12
Тр2
Л14
Л15
С52
С53
Л18
Л17
R108
R107
С55
С54
Л11
Др8
Выход
Импульс для синхр.
R66
R110
R65
С26
Л9
С28
R63
П5
L3
R58
R121
R119
С23
R60
R57
Л8
R56
R55
С24
R61
С25
L6
R52
С21
Л7
R54
R53
R51
С18
С22
С51
L5
R50
R49
Л6
С17
R64
R47
R62
С19
R48
L4
R120
С31
С63
С30
R69
С29
Л10
Тр3
Л16
R45
R46
С9
R43
С15
Л4
R44
С12
С14
R37
R39
С13
R41
R40
Л3
R38
R42
П8
С8
С10
П2
С11
Л5а
R36
П3
R16
R17
R13
R67
R35
R15
Тр1
С4
Л26
R12
С6
R8
R11
R100
П6
С47
Л13
П7
R104
R103
R101
R99
С7
С46
С48
С56
R98
Синхр.
R76
R78
С32
R73
R70
R72
R74
R71
С27
ИЯ
Л20
R20
R109
R81
R82
R83
С60
R79
R80
С50
R102
С49
С59
С34
С35
С36
R88
Л11
С40
С33
С58
R89
R90
R84
R5
R85
R94
R93
R92
R106
R105
С37
R95
С43
С57
С38
П4
L2
R96
Л12
С44
С39
R10
С5
Л2
С45
R97
R9
С3
R1
С62
П1
С41
С42
L1
R3
С1
R2
R4
Л1
R6
R7
С2
R14
R68

Рис. 210. Принципиальная схема прибора Г5-1.

$Л_4$ включена линия формирования импульсов $ЛЗ_2$. Необходимая длительность формируемых импульсов определяется числом включенных секций линии и устанавливается переключателем $П_8$, ручка которого обозначена «длительность импульсов». В результате работы линии на сетку лампы $Л_6$ подается положительный импульс напряжения формы, близкой к прямоугольной, длительность которого равна удвоенному времени пробега волны от начала линии до короткозамкнутого конца, устанавливаемого переключателем $П_8$. В первом крайнем положении переключатель $П_8$ замыкает линию и импульс отсутствует.

На лампе $Л_7$ работает ограничитель сверху, делающий верхушку импульса плоской. Для улучшения формы импульса, подаваемого на сетку лампы $Л_6$, в схему включен диод $Л_{5б}$.

Выходной усилитель импульсов работает на лампе $Л_9$. Импульсы на вход усилителя подаются из схемы формирования через катодный повторитель, работающий на лампе $Л_8$. Усиление импульсов регулируется потенциометром R_{57}, ручка которого на передней панели обозначена «амплитуда имп.».

С анодной (R_{60}) и катодной (R_{55}) нагрузок лампы $Л_8$ импульсное напряжение подводится к гнездам «импульс для синхр.» и используется для синхронизации работы других приборов.

Выходной усилитель ($Л_9$) работает по схеме парафазного усилителя. Импульсное напряжение с анодной R_{65} и катодной R_{63} нагрузок подается на клеммы «выход». Переключение соответствующей клеммы под напряжение производится переключателем $П_5$, ручка которого на передней панели обозначена «перекл. выхода».

Осциллографический индикатор включает в себя электроннолучевую трубку $Л_{20}$ и схему развертки. Схема питания трубки обычная (с потенциометра R_{79}—R_{84} от выпрямителя, работающего на лампе $Л_{16}$).

Яркость луча регулируется потенциометром R_{84} («яркость»), фокусировка — потенциометром R_{82} («фокус»). Изображение смещается по вертикали изменением напряжения на вертикально отклоняющих пластинах сдвоенными потенциометрами R_{77} и R_{78} («смещ. по Y»), по горизонтали — потенциометрами R_{73}, R_{74} («смещ. по X»).

Между вертикально отклоняющими пластинами включен вольтметр постоянного тока (прибор *ИП* с сопротивлением R_{76}), измеряющий амплитуду импульса.

Развертывающее напряжение для трубки получается в результате работы мультивибратора, собранного на лампе $Л_1$. В исходном положении лампа $Л_{1б}$ закрыта напряжением, снимаемым с потенциометра R_{105}. Отрицательный запускающий импульс с анода блокинг-генератора ($Л_{2б}$) через конденсатор C_4 «опрокидывает» мультивибратор. Длительность импульса, вырабатываемого мультивибратором, равна 2,5 или 25 мкс в зависимости от положения переключателя $П_1$ скорости развертки. Этот импульс через конденсатор C_3 подается на сетку лампы $Л_{2а}$, закрывая ее на время длительности импульса. Конденсатор C_5 (или C_5 и C_{62}) в анодной цепи лампы начинает заряжаться по экспоненциальному закону. Начальный линейный участок напряжения на конденсаторе используется в качестве развертывающего, которое через усилители, работающие на лампах $Л_{11а}$ и $Л_{11б}$, подается в противофазе на горизонтально отклоняющие пластины.

Амплитуда развертки регулируется переменным сопротивлением R_{91}, включенным в цепь катода лампы $Л_{11а}$. Ручка этого сопротивления на передней панели обозначена «амплитуда разв.».

Напряжение импульса на пластины трубки подается несимметрично. В положениях *1*, *2* и *3* переключателя выхода $П_5$ вертикально отклоняющие пластины подключаются к выходу генератора импульсов и на экране трубки виден вырабатываемый импульс; в положении *4* вертикально отклоняющие пластины остаются свободными; в *5* — на вертикально отклоняющие пластины подается напряжение контрольного генератора.

Если переключатель $П_9$ стоит в положении «имп. внешн.», то независимо от положения переключателя $П_5$ на вертикально отклоняющие пластины подается

102. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г5-1

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	ВС-0,25	100 кОм	R_{51}	ВС-0,5	22 кОм
R_2	ВС-0,25	3,3 кОм	R_{52}	ВС-2	2 кОм
R_3	ВС-0,25	2,2 кОм	R_{53}	ВС-1	560 Ом
R_4	ВС-1	5,6 кОм	R_{54}	ВС-0,25	220 кОм
R_5	ВС-0,25	1 МОм	R_{55}	ВС-0,25	2,2 кОм
R_6	ВС-0,25	150 кОм	R_{56}	ВС-0,25	3,9 кОм
R_7	ВС-0,25	10 кОм	R_{57}	СП-I-2А	4,7 кОм
R_8	ВС-0,25	68 кОм	R_{58}	ВС-0,5	3,3 кОм
R_9	ВС-0,25	220 кОм	R_{60}	ВС-0,5	560 Ом
R_{10}	ВС-1	33 кОм	R_{61}	ВС-0,5	10 кОм
R_{11}	СП-I-2А	47 кОм	R_{62}	ВС-0,25	6,8 кОм
R_{12}	ВС-0,25	100 кОм	R_{63}	ВС-2	6,2 кОм
R_{13}	ВС-0,25	5,6 кОм	R_{64}	ВС-0,25	10 кОм
R_{14}	ВС-0,25	3,3 кОм	R_{65}	ВС-2	2,2 кОм
R_{15}	ВС-0,25	22 кОм	R_{66}	ВС-0,5	220 Ом
R_{16}	ВС-0,5	50 кОм	R_{67}	ВС-0,25	3,3 кОм
R_{17}	ВС-0,25	55 кОм	R_{68}	ВС-0,25	5,6 кОм
R_{18}	ВС-0,25	62 кОм	R_{69}	ВС-0,25	100 кОм
R_{19}^*	ВС-0,25	71 кОм	R_{70}—R_{72}	ВС-0,25	2,2 МОм
R_{20}	ВС-0,25	83 кОм	R_{73}, R_{74}	СП-I-2А	2,2 МОм
R_{21}^*	ВС-0,25	100 кОм	R_{76}	ВС-0,5	1,28 МОм
R_{22}^*	ВС-0,25	110 кОм	R_{77}, R_{78}	СП-I-2А	2,2 МОм
R_{23}^*	ВС-0,25	125 кОм	R_{79}—R_{81}	ВС-0,25	820 кОм
R_{24}^*	ВС-0,5	143 кОм	R_{82}	СП-I-2А	470 кОм
R_{25}^*	ВС-0,5	166 кОм	R_{83}	ВС-0,25	100 кОм
R_{26}^*	ВС-0,5	200 кОм	R_{84}	СП-I-2А	220 кОм
R_{27}^*	ВС-0,5	250 кОм	R_{85}	ВС-0,5	1 МОм
R_{28}^*	ВС-0,5	285 кОм	R_{86}	ВС-0,5	1,5 кОм
R_{29}^*	ВС-0,5	333 кОм	R_{87}	ВС-0,5	3,9 кОм
R_{30}^*	ВС-0,5	415 кОм	R_{88}	ВС-1	17 кОм
R_{31}^*	ВС-0,5	500 кОм	R_{89}	ВС-0,25	39 кОм
R_{32}^*	ВС-0,5	590 кОм	R_{90}	ВС-0,25	1,5 кОм
R_{33}^*	ВС-0,5	715 кОм	R_{91}	СП-I-2А	4,7 кОм
R_{34}	ВС-0,5	835 кОм	R_{92}	ВС-0,25	220 кОм
R_{35}	ВС-0,5	1 МОм	R_{93}, R_{94}	ВС-0,25	22 кОм
R_{36}	ВС-0,25	1 кОм	R_{95}	ВС-0,5	1,5 кОм
R_{37}	ВС-0,25	5,6 кОм	R_{96}	ВС-0,25	3,3 кОм
R_{38}	ВС-0,25	470 Ом	R_{97}	ВС-0,25	5,6 кОм
R_{39}	ВС-0,25	5,6 кОм	R_{98}	СП-I-2А	22 кОм
R_{40}	ВС-0,25	8,2 кОм	R_{99}	ВС-0,25	56 кОм
R_{41}	ВС-0,25	68 кОм	R_{100}	ВС-0,25	820 Ом
R_{42}	СП-I-2А	4,7 кОм	R_{101}	ВС-0,25	5,6 кОм
R_{43}	ВС-0,25	1 кОм	R_{102}	ВС-0,25	47 кОм
R_{44}	ВС-0,5	560 Ом	R_{103}	ВС-0,25	820 Ом
R_{45}	ВС-0,25	56 Ом	R_{104}	ВС-0,5	10 кОм
R_{46}	ВС-0,25	680 Ом	R_{105}	СП-I-2А	4,7 кОм
R_{47}	СП-I-2А	4,7 кОм	R_{106}	ВС-2	330 Ом
R_{48}	ВС-0,25	100 кОм	R_{107}, R_{108}	ПО-10	600 Ом
R_{49}	ВС-0,5	1,5 кОм	R_{109}	ВС-0,25	100 Ом
R_{50}	ВС-0,25	2,7 кОм			

Продолжение табл. 102

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_{110}	ВС-1	330 Ом	C_{33}	КСО-6	1000 пФ
R_{111}**	ВС-0,5	740 Ом	C_{34}, C_{35}	КСО-2	470 пФ
R_{112}**	ВС-0,5	91 Ом	C_{36}, C_{37}	КСО-5	4700 пФ
R_{113}**	ВС-0,5	740 Ом	C_{38}	КСО-2	470 пФ
R_{114}**	ВС-0,5	91 Ом	C_{39}	КПК-1	6—25 пФ
R_{115}**	ВС-0,5	740 Ом	C_{40}	КСО-5	8200 пФ
R_{116}**	ВС-0,5	91 Ом	C_{41}	КПК-1	6—25 пФ
R_{117}**	ВС-0,5	740 Ом	C_{42}	КСО-2	560 пФ
R_{118}**	ВС-0,5	91 Ом	C_{43}	КСО-6	2700 пФ
R_{119}	ВС-0,5	330 Ом	C_{44}	КБГ-И	0,1 мкФ
R_{120}	ВС-0,5	390 Ом	C_{45}	КБГ-И	0,025 мкФ
R_{121}	ВС-0,25	100 Ом	C_{46}	КСО-5	4700 пФ
C_1	КСО-2	100 пФ	C_{47}	КБГ-И	0,05 мкФ
C_2	КСО-1	100 пФ	C_{48}	КСО-5	4700 пФ
C_3	КСО-5	4700 пФ	C_{49}, C_{50}	КБГ-МП	0,5 мкФ
C_4	КСО-2	470 пФ	C_{51}	КБГ-И	0,025 мкФ
C_5	КСО-5	1800 пФ	C_{52}—C_{55}	КЭ-2-М	20 мкФ
C_6	КТК-1-М	15 пФ	C_{56}	КСО-2	470 пФ
C_7	КБГ-ИП	0,25 мкФ	C_{57}, C_{58}	КСО-2	270 пФ
C_8	КБГ-И	0,025 мкФ	C_{59}	КБГ-И	0,1 мкФ
C_9	КСО-2	560 пФ	C_{60}	КБГ-М2	0,25 мкФ
C_{10}	КСО-5	10 000 пФ	C_{62}	КСО-2	200 пФ
C_{11}	КСО-2	820 пФ	C_{63}	КТК-1-М-15	33 пФ
C_{12}	КСО-2	470 пФ	$Л_1$, $Л_2$	6Н8С	—
C_{13}	КСО-5	1800 пФ	$Л_3$	6Ж4	—
C_{14}	КСО-2	1000 пФ	$Л_4$	6П9	—
C_{15}	КБГ-И	0,025 мкФ	$Л_5$	6Х6С	—
C_{16}	КБГ-М2	0,1 мкФ	$Л_6$	6Ж4	—
C_{17}	КБГ-И	0,025 мкФ	$Л_7$	6П6С	—
C_{18}	КСО-5	4700 пФ	$Л_8$, $Л_9$	6П9	—
C_{19}	КБГ-МП	0,25 мкФ	$Л_{10}$	6Ж4	—
C_{21}, C_{22}	КБГ-И	0,025 мкФ	$Л_{11}$	6Н8С	—
C_{23}, C_{24}	КБГ-М2	0,1 мкФ	$Л_{12}$	6Ж4	—
C_{25}	КБГ-И	0,025 мкФ	$Л_{13}$	6Н8С	—
C_{26}	КМБГ	4 мкФ	$Л_{14}$, $Л_{15}$	5Ц3С	—
C_{27}	КСО-2	470 пФ	$Л_{16}$	2Ц2С	—
C_{28}	КМБГ	4 мкФ	$Л_{17}$, $Л_{18}$	СГ4С	—
C_{29}	КСО-2	560 пФ	$Л_{19}$	МН-16	13,5 В; 0,18 А
C_{30}	КСО-5	4700 пФ	$Л_{20}$	5ЛО38	—
C_{31}, C_{32}	КБГ-И	0,1 мкФ	ИП	Микроамперметр	—

---

* Позиции промежуточных положений переключателя $П_8$.

** Позиции схемы рис. 212.

напряжение, подведенное к клеммам «вход инд.», и индикатор можно использовать для наблюдения внешних импульсов.

Калибратор длительности работает на лампе $Л_{12}$ по схеме генератора с ударным возбуждением и контуром в цепи катода. Запускается генератор импульсом от генератора развертки. В контуре возбуждаются колебания частотой 250 Гц при медленной и 2,5 МГц при быстрой развертках. Контуры переключают одновременно с установкой необходимой скорости развертки переключателем $П_1$.

Синусоидальные колебания через конденсатор C_{38} подаются на пластины вертикального отклонения луча и служат для определения масштаба горизонтальной развертки. Калибратор выключается переключателем $П_4$, замыкающим контуры генератора. Вместе с этим каскад, собранный на лампе $Л_{12}$, управляет работой трубки, затемняя обратный ход развертки импульсом напряжения, снимаемым с сопротивления R_{95}.

Контрольный генератор собран на лампе $Л_{10}$ и работает по трехточечной схеме. Контур генератора L_4, C_{31} имеет собственную частоту 2 кГц. Включается генератор переключателем выхода $П_5$ (положение «контроль частоты»). В этом случае на анод подается постоянное напряжение, а контур генератора подключается к вертикально отклоняющим пластинам. При равенстве (или кратности) частот развертки и контрольного сигнала на экране трубки будет видна неподвижная или медленно перемещающаяся в вертикальном направлении линия.

Блок питания состоит из трех выпрямителей: на лампе $Л_{16}$ — для питания трубки, на лампе $Л_{15}$ — для питания анодных цепей ламп $Л_6$—$Л_9$ и $Л_{11}$, на лампе $Л_{14}$ вместе со стабилизаторами $Л_{17}$, $Л_{18}$ — для питания всех анодов, экранных и управляющих сеток (с сопротивления R_{105}) остальных ламп.

В приборе предусмотрено раздельное включение низкого и высокого напряжений ($П_{10}$ и $П_{11}$ соответственно). При включении напряжения «сеть» ($П_{10}$) включается питание трубки.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г5-1 приведена в табл. 102.

Подготовка прибора к работе

В комплект прибора входит генератор с внешним аттенюатором, кабель питания, два коаксиальных кабеля с концентрическим разъемом на одном конце и стандартной коаксиальной фишкой на другом. Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель прибора (рис. 211).

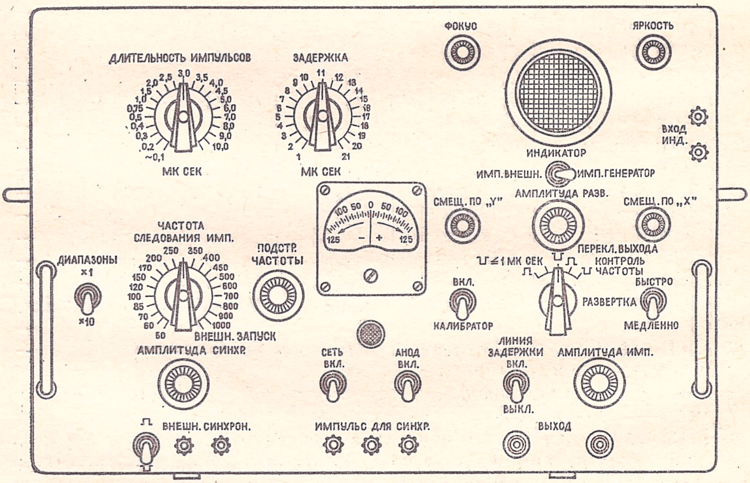

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИМПУЛЬСОВ
~0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,75 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 6,0 7,0 8,0 9,0 10,0
МК СЕК
ЗАДЕРЖКА
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
МК СЕК
ФОКУС
ЯРКОСТЬ
ВХОД ИНД.
ИНДИКАТОР
ИМП. ВНЕШН.
ИМП. ГЕНЕРАТОР
АМПЛИТУДА РАЗВ.
СМЕЩ. ПО „Y"
СМЕЩ. ПО „X"
100 50 0 50 100
125 – + 125
ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ ИМП.
50 60 70 85 100 120 150 170 200 250 350 400 450 500 600 700 800 900 1000
ВНЕШН. ЗАПУСК
ДИАПАЗОНЫ
×1
×10
ПОДСТР. ЧАСТОТЫ
ПЕРЕКЛ. ВЫХОДА
≤1 МК СЕК
КОНТРОЛЬ ЧАСТОТЫ
ВКЛ.
КАЛИБРАТОР
РАЗВЕРТКА
БЫСТРО
МЕДЛЕННО
АМПЛИТУДА СИНХР.
СЕТЬ ВКЛ.
АНОД ВКЛ.
ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ
ВКЛ.
ВЫКЛ.
АМПЛИТУДА ИМП.
ВНЕШН. СИНХРОН.
ИМПУЛЬС ДЛЯ СИНХР.
ВЫХОД

Рис. 211. Вид передней панели прибора Г5-1.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения переключателя силового трансформатора (на задней стенке прибора) имеющемуся напряжению сети.
2. Установить переключатель «анод» и «сеть» в положение выключено.

3. Подключить кабель питания к прибору и к сети.

4. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 1—2 мин.

5. Ручкой «яркость» установить необходимую яркость пятна.

6. Убедиться в правильности работы ручек «фокус», «смещ. по X» и «смещ. по Y». При вращении ручки «смещ. по Y» должны изменяться показания вольтметра в пределах всей шкалы.

7. Установить переключатель «индикатор» в положение «имп. генератор», переключатель выхода — в положение, соответствующее необходимым импульсам, переключатели «диапазоны» и «частота следования имп.» — в положение, соответствующее требуемой частоте следования импульсов, ручку «длительность импульсов» — на нужную длительность, ручку «амплитуда имп.» — в крайнее правое положение.

8. Переключатель «анод» поставить в положение «вкл.». На экране трубки должно появиться изображение импульса.

9. Ручками «фокус», «яркость», «амплитуда разв.», «смещ. по X», «смещ. по Y» окончательно отрегулировать изображение на экране.

Работа с прибором

Для работы с внешней синхронизацией необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Подать синхронизирующее напряжение на клеммы «внешн. синхрон.».

3. Ручку «частота следования имп.» перевести в положение «внешн. запуск»; переключатель «диапазоны» — в положение «×10»; переключатель «внешн. синхрон.» — в положение, соответствующее полярности синхронизирующего импульса.

4. Ручкой «амплитуда синхр.» добиться устойчивого изображения на экране трубки.

5. При необходимости задержки выходного импульса генератора относительно синхронизирующего поставить ручку «задержка» в соответствующее положение. При этом задержка импульсов соответствует значению по шкале, если переключатель «линия задержки» стоит в положении «вкл.». При выключенной линии задержка импульса уменьшается приблизительно на 1 мкс.

Для измерения амплитуды импульсов необходимо:

1. Получить на экране трубки изображение импульса.

2. Ручкой «смещ. по Y» совместить линию развертки с одной из линий на сетке трубки и записать показания вольтметра.

3. Ручкой «смещ. по Y» сместить импульс в вертикальном направлении так, чтобы с той же линией на сетке трубки совпадала верхушка импульса, и записать новое показание вольтметра.

Амплитуда импульса определится как разность между двумя показаниями вольтметра.

Для контроля частоты следования импульсов необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Установить частоту следования импульсов 1000 Гц ручками «частота следования имп.» и «диапазоны».

3. Переключатель выхода установить в положение «контроль частоты».

4. Ручкой «подстр. частоты» получить на экране трубки неподвижную или медленно двигающуюся в вертикальном направлении линию развертки. После этого ручку «подстр. частоты» в дальнейшей работе не трогать.

5. Переключатель выхода и переключатель частоты следования импульсов установить в требуемое положение.

Внешний аттенюатор

Аттенюатор выполнен в виде отдельной приставки, которую вставляют в выходные гнезда генератора импульсов. Внешний аттенюатор представляет собой делитель напряжения на сопротивлениях. Вид передней панели и принципиальная схема внешнего аттенюатора приведены на рис. 212. Внешний аттенюатор хранится в отсеке под крышкой на задней стенке кожуха.

Если необходимо получить амплитуду выходных импульсов меньше 10—15 В, нагрузка должна включаться через внешний аттенюатор.

Для этого необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Подключить к выходным гнездам прибора внешний аттенюатор.

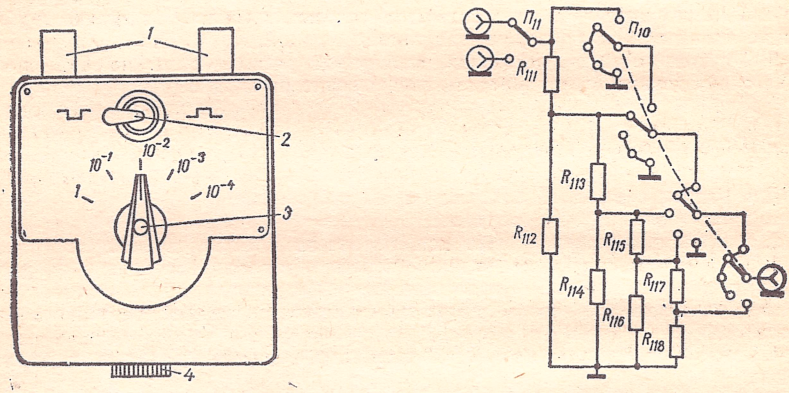


Рис. 212. Вид панели и схема выносного делителя прибора Г5-1.

3. На внешнем аттенюаторе установить переключатель полярности импульсов и переключатель коэффициента деления в требуемое положение. Коэффициент деления, указанный на панели аттенюатора, соответствует случаю работы на нагрузку с сопротивлением 1000 Ом. При меньших сопротивлениях нагрузки во всех положениях переключателя, кроме первого, следует вводить поправочный коэффициент

$$K = \frac{1}{1 + \frac{75}{R_н}},$$

где $R_н$ — сопротивление нагрузки, Ом.

Измерение длительности внешнего импульса

Для измерения длительности внешнего импульса необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Подключить источник внешних имульсов к клеммам «вход инд.».
3. Переключатель «индикатор» поставить в положение «имп. внешн.».
4. Переключатель «развертка» поставить в положение «быстро» при длительности внешних импульсов менее 1 мкс или в положение «медленно» — при длительности импульсов более 1 мкс.
5. Переключатель «калибратор» установить в положение «вкл.», а переключатель «частота следования имп.» — в положение «внешн. запуск».

6. Ручкой «амплитуда разв.» установить изображение, удобное для измерения.

7. Подсчитать количество периодов синусоиды (до долей периода), уложившихся от середины переднего фронта до середины заднего.

8. Вычислить длительность импульса, помня, что при быстрой развертке длительность одного периода синусоиды составляет 0,4 мкс, а при медленной развертке 4 мкс.

Калибратор можно применять и для измерения внутренних импульсов.

Дополнительные замечания по работе с генератором Г5-1

1. Применять прилагаемые к генератору коаксиальные кабели для подключения нагрузки следует лишь в случае низкоомной нагрузки ($R \leqslant 200$ Ом) или при работе с внешним аттенюатором при коэффициенте деления, отличном от единицы. При работе на высокоомную нагрузку ее следует подключать двумя отдельными проводниками возможно меньшей длины.

2. Отрицательные импульсы, получаемые во втором положении переключателя выхода, имеют форму, более близкую к прямоугольной, чем импульсы, получаемые в третьем положении переключателя выхода. Однако вторым положением переключателя следует пользоваться, если скважность импульсов меньше 100.

Генератор импульсов Г5-8

Малогабаритный генератор можно использовать в качестве генератора коротких импульсов с регулируемой частотой следования для настройки радиотехнических устройств в лабораторных и полевых условиях.

Основные технические характеристики

1. Диапазон длительностей генерируемых импульсов от 0,1 до 10 мкс с регулировкой ступенями через 0,1 мкс.

2. Погрешность длительности импульсов не превышает ±0,02 мкс или ±20% от установленного значения.

3. Длительность фронта импульсов не более 0,075 мкс + 0,5% от установленного значения длительности импульса.

4. Время спада импульсов не более 0,15 мкс + 0,5% от установленного значения длительности импульса.

5. Частота следования импульсов плавно регулируется в пределах от 250 до 10000 Гц и устанавливается с погрешностью не более 20%.

6. Амплитуда выходных импульсов обеих полярностей не менее 60 В на нагрузке 1000 Ом с параллельной емкостью 100 пФ (с учетом емкости кабеля) и плавно регулируется от 10 В до максимального значения.

7. Погрешность установки амплитуды импульсов от 0,3 до 10 мкс не превышает ±(1В + 8% от установленной величины) в интервале 10 В и выше.

8. Установленная амплитуда импульса может быть ослаблена в 10 и 100 раз делителем генератора. Выходное сопротивление генератора 100 Ом.

9. Для запуска внешних устройств в генераторе вырабатываются импульсы синхронизации обеих полярностей длительностью от 0,3 до 1 мкс с фронтом нарастания не более 0,15 мкс и амплитудой не менее 20 В на нагрузке 1000 Ом с параллельной емкостью 10 пФ (с учетом емкости кабеля).

10. В приборе предусмотрена плавная задержка выходных импульсов относительно импульсов синхронизации от 10 до 700 мкс, а также фиксированная задержка от 0,12 до 0,5 мкс (при выключенной «задержка—плавно».

11. Генератор может запускаться от внешних источников:

импульсами обеих полярностей длительностью не менее 0,5 мкс с фронтом нарастания не более 0,15 мкс и амплитудой не менее 20 В;

синусоидальным напряжением частотой от 300 до 10 000 Гц и амплитудой не менее 28 В.

12. Генератор рассчитан на непрерывную работу в течение 8 ч. Конструктивно выходы и входы прибора выполнены стандартными коаксиальными фишками.

13. Питание прибора от сети переменного тока частотой 400 и 50 Гц напряжением 115, 127 и 220 В. Потребляемая мощность от сети не более 85 ВА при частоте 50 Гц и не более 75 ВА при частоте 400 Гц.

14. Вес прибора 9 кг, габаритные размеры 365×280×180 мм.

Схема прибора

Структурная схема прибора Г5-8 (рис. 213) состоит из задающего генератора, усилителя синхронизации, схемы переменной задержки, линии постоянной задержки (ЛПЗ) импульсов, схемы формирования импульсов с усилителем, диодного ограничителя, усилителя и расширителя импульсов, делителя.

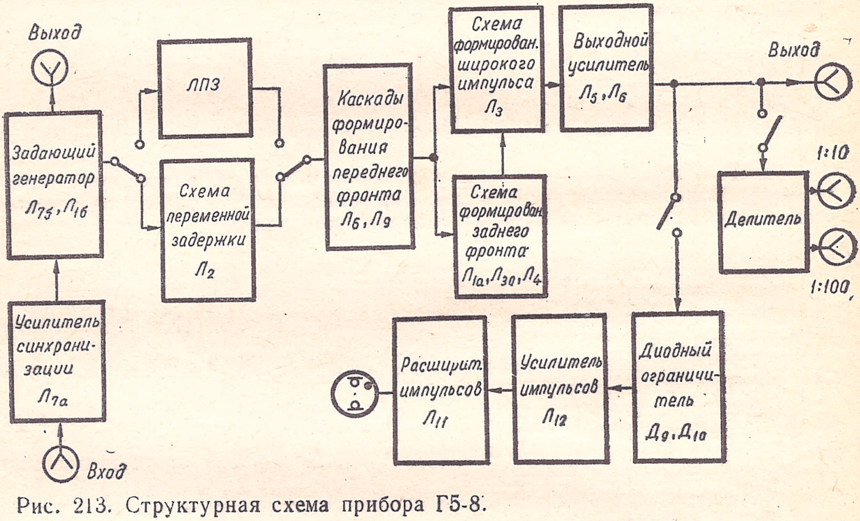

Выход
Задающий генератор $Л_{7б}$, $Л_{16}$
Усилитель синхронизации $Л_{7а}$
Вход
ЛПЗ
Схема переменной задержки $Л_2$
Каскады формирования переднего фронта $Л_6$, $Л_9$
Схема формирован. широкого импульса $Л_3$
Схема формирован. заднего фронта $Л_{1а}$, $Л_{3а}$, $Л_4$
Выходной усилитель $Л_5$, $Л_6$
Выход
1:10
Делитель
1:100
Диодный ограничитель $Д_9$, $Д_{10}$
Усилитель импульсов $Л_{12}$
Расширит. импульсов $Л_{11}$

Рис. 213. Структурная схема прибора Г5-8.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 214.

Задающий генератор работает на лампе $Л_{16}$ по схеме блокинг-генератора с положительной сеткой. Частота генерируемых импульсов регулируется переключением сопротивлений R_4—R_9 переключателем $П_2$ (грубо) и изменением потенциала сетки потенциометром R_{11} (плавно). Ручки этих регулировок выведены на переднюю панель и обозначены соответственно «диапазоны» и «частота следования» (рис. 215). Импульсы генератора с катодного сопротивления R_3 подаются на схему регулируемой или фиксированной задержки импульсов. Одновременно с одной из обмоток трансформатора $Тр_1$ импульсы подаются на каскад внешней синхронизации.

Схема постоянной задержки представляет собой линию задержки $ЛЗ_1$ типа LC.

Схема регулируемой задержки представляет собой мультивибратор с одним устойчивым состоянием на лампе $Л_2$. В исходном состоянии лампа $Л_{2a}$ заперта. Длительность вырабатываемого (отрицательного) импульса регулируется изме-

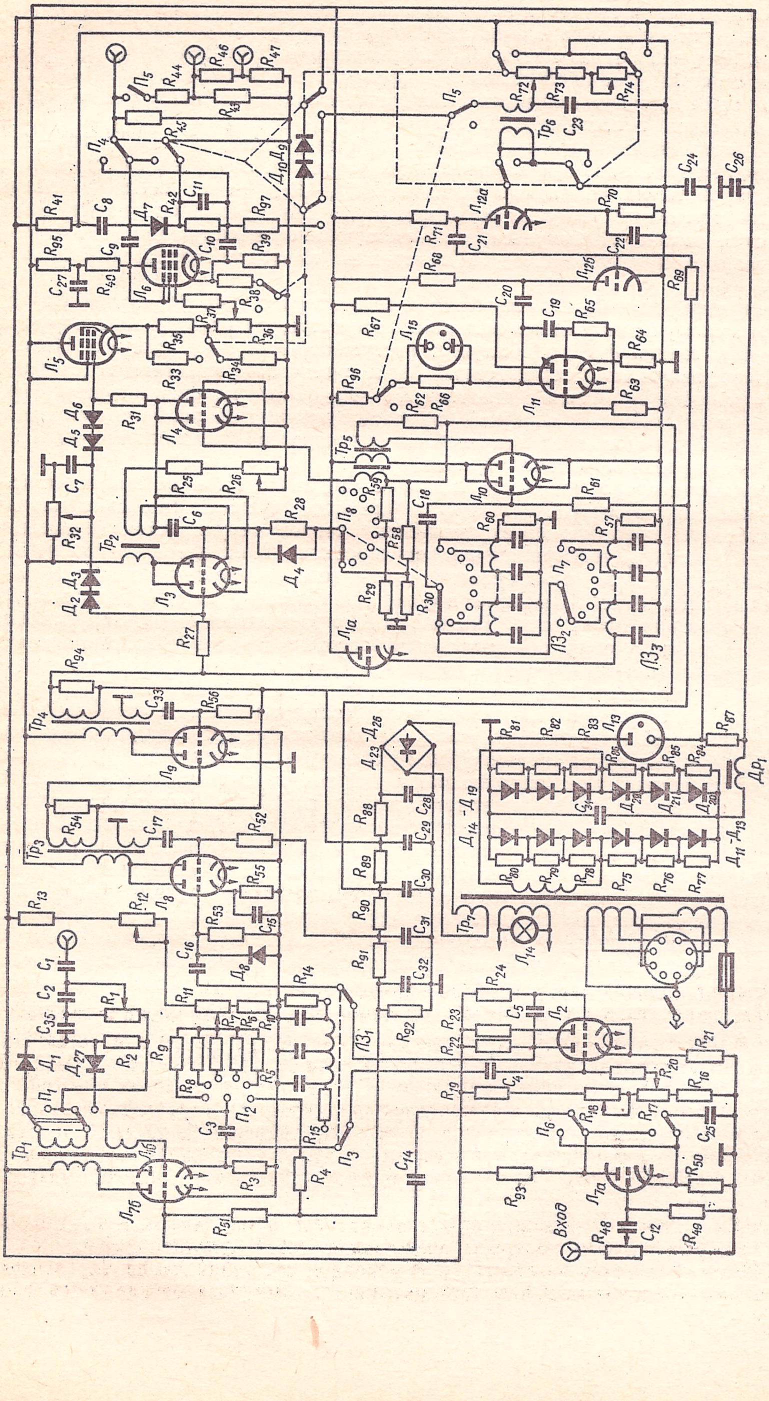

Вход
Тр1
Тр2
Тр3
Тр4
Тр5
Тр6
Тр7
Др1
Л1а
Л1б
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Л7а
Л7б
Л8
Л9
Л10
Л11
Л12а
Л12б
Л13
Л14
Л15
ЛЗ1
ЛЗ2
ЛЗ3
П1
П2
П3
П4
П5
П6
П7
П8
Д1
Д2
Д3
Д4
Д5
Д6
Д7
Д8
Д9
Д10
Д11-Д13
Д14-Д19
Д20
Д21
Д23-Д26
Д27
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
C10
C11
C12
C14
C15
C16
C17
C18
C19
C20
C21
C22
C23
C24
C25
C26
C27
C28
C29
C30
C31
C32
C33
C35
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
R16
R17
R18
R19
R20
R21
R22
R23
R24
R25
R26
R27
R28
R29
R30
R31
R32
R33
R34
R35
R36
R37
R38
R39
R40
R41
R42
R43
R44
R45
R46
R47
R48
R49
R50
R51
R52
R53
R54
R55
R56
R57
R58
R59
R60
R61
R62
R63
R64
R65
R66
R67
R68
R69
R70
R71
R72
R73
R74
R75
R76
R77
R78
R79
R80
R81
R82
R83
R84
R85
R86
R87
R88
R89
R90
R91
R92
R93
R94
R95
R96
R97

Рис. 214. Принципиальная схема прибора Г5-8.

нением напряжения смещения на управляющей сетке при помощи потенциометра R_{17}, ручка которого выведена на переднюю панель и обозначена «задержка—плавно». Импульс с анода лампы $Л_{2а}$ дифференцируется цепочкой R_{53}, C_{16} и подается на сетку запускающей лампы $Л_8$. При работе с фиксированной задержкой импульс на сетку запускающей лампы подается с линии задержки. Вид задержки устанавливается переключателем $П_3$.

Запускающий каскад представляет собой заторможенный блокинг-генератор с анодно-сеточной связью и параллельным запуском. Запирается блокинг-генератор напряжением, снимаемым с делителя R_{88}—R_{92}. Такая схема позволяет получить одиночный импульс от каждого запуска. Чтобы блокинг-генератор запускался только от импульса, соответствующего заднему фронту импульса задержки, в схему включен диод $Д_8$ (он «срезает» импульсы отрицательной полярности).

Импульсы (положительные) блокинг-генератора с трансформатора $Тр_3$ поступают в схему формирования выходных импульсов, где раздельно формируются передний и задний фронты. Импульс, поступающий от запускающего блокинг-генератора, запускает заторможенный блокинг-генератор на лампе $Л_9$ (запирающее напряжение снимается с делителя R_{88}—R_{92}). Этот блокинг-генератор вырабатывает положительный короткий импульс с крутым фронтом. Импульс с трансформатора $Тр_4$ подается на запуск блокинг-генератора широкого импульса и в канал формирования заднего фронта.

Блокинг-генератор широкого импульса собран по схеме со связью сетка—анод—катод на лампе $Л_3$. Обмотка трансформатора, включенная в катод, создает отрицательную обратную связь, величина которой регулируется переменным сопротивлением R_{26} (подбирается при регулировках). В исходном состоянии блокинг-генератор заперт отрицательным смещением, снимаемым с делителей R_{29}, R_{58} или R_{30}, R_{59}. Диод $Д_4$ включен в схему для быстрого разряда конденсатора C_6 в период между импульсами. Диоды $Д_2$ и $Д_3$ ограничивают сверху запускающие импульсы для получения минимальных выбросов на переднем фронте импульса. Параметры блокинг-генератора подобраны так, что без дополнительного воздействия он вырабатывает импульсы длительностью 12—15 мкс.

Канал формирования заднего фронта состоит из катодного повторителя ($Л_{1а}$), двух линий задержки $ЛЗ_2$ и $ЛЗ_3$, блокинг-генератора с запускающей лампой ($Л_{10}$) и лампы срыва заднего фронта формируемого импульса ($Л_4$). Катодный повторитель служит для согласования линий задержки с источником пусковых импульсов. Линия $ЛЗ_2$ осуществляет задержку от 0,1 до 1 мкс ступенями через 0,1 мкс, линия $ЛЗ_3$ — от 1 до 9 мкс ступенями через 1 мкс. Длительность задержки устанавливается при помощи переключателей $П_7$ и $П_8$, ручки которых выведены на переднюю панель и обозначены «длительность импульса».После линий задержки импульс поступает на блокинг-генератор формирования заднего фронта ($Л_{10}$), работающий аналогично блокинг-генератору формирования переднего фронта. Положительный импульс с трансформатора $Тр_5$ подается на сетку лампы срыва $Л_4$. В исходном положении лампа $Л_4$ заперта и не влияет на работу блокинг-генератора широкого импульса. Открывание лампы $Л_4$ импульсом с трансформатора $Тр_5$ приводит к срыву генерации блокинг-генератора широкого импульса. Таким образом формируется импульс необходимой длительности. Диоды $Д_5$ и $Д_6$ ограничивают сформированный импульс сверху, делая его прямоугольным. Порог ограничения устанавливается потенциометром R_{32} (при регулировке). С выхода ограничителя импульсы поступают на усилитель импульсов.

Усилитель состоит из катодного повторителя $Л_5$ и усилителя на сопротивлениях с лампой $Л_6$, включенной триодом. С нагрузки катодного повторителя R_{36} импульс подается на сетку лампы $Л_6$. Этот каскад при работе положительными импульсами работает в режиме катодного повторителя. При этом анод лампы соединяется с корпусом через конденсатор C_9. При работе отрицательными импульсами выходной каскад работает как реостатный усилитель. Переключение режимов производится при установке полярности импульсов ($П_4$).

Амплитуда импульсов в обоих случаях регулируется потенциометром R_{36},

103. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г5-8

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	СП-I-2А	3,3 кОм	R_{55}	МЛТ-0,5	10 кОм
R_2	МЛТ-0,5	120 кОм	R_{56}	МЛТ-0,5	22 кОм
R_3	МЛТ-0,5	120 Ом	R_{57}	МЛТ-0,5	1,2 кОм
R_4	МЛТ-0,5	8,2 кОм	R_{58}, R_{59}	МЛТ-1	2,2 кОм
R_5	МЛТ-0,5	100 кОм	R_{60}	МЛТ-0,5	1,2 кОм
R_6	МЛТ-0,5	200 кОм	R_{61}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_7	МЛТ-0,5	430 кОм	R_{62}	МЛТ-0,5	22 кОм
R_8	МЛТ-0,5	820 кОм	R_{63}	МЛТ-0,5	120 кОм
R_9	МЛТ-0,5	1,6 МОм	R_{64}	МЛТ-0,5	3,3 кОм
R_{10}	ВС-0,25	62 Ом	R_{65}	МЛТ-0,5	510 кОм
R_{11}	ППЗ-12	20 кОм	R_{66}	МЛТ-0,5	200 кОм
R_{12}	СПО-0,5	100 кОм	R_{67}	МЛТ-1	27 кОм
R_{13}	МЛТ-0,5	22 кОм	R_{68}	МЛТ-0,5	10 кОм
R_{14}	МЛТ-0,5	1,2 кОм	R_{69}	МЛТ-0,5	120 кОм
R_{15}	МЛТ-0,5	820 Ом	R_{70}	МЛТ-0,5	200 Ом
R_{16}	МЛТ-0,5	5,6 кОм	R_{71}	МЛТ-0,5	10 кОм
R_{17}	СП-I-2А	22 кОм	R_{72}	Проволочный	20 кОм
R_{18}	СПО-0,5	470 кОм	R_{73}	ПЭВ-10	10 кОм
R_{19}	МЛТ-0,5	200 кОм	R_{74}	ППЗ-11	20 кОм
R_{20}	МЛТ-0,5	120 кОм	R_{75}—R_{86}	МЛТ-0,5	100 кОм
R_{21}	МЛТ-0,5	3,3 кОм	R_{87}	ПЭВ-10	1 кОм
R_{22}, R_{23}	МЛТ-0,5	12 кОм	R_{88}	МЛТ-0,5	300 Ом
R_{24}	МЛТ-0,5	2,2 МОм	R_{89}	МЛТ-0,5	12 кОм
R_{25}	МЛТ-0,5	200 Ом	R_{90}	МЛТ-0,5	5,6 кОм
R_{26}	СПО-0,5	1 кОм	R_{91}	МЛТ-0,5	3,3 кОм
R_{27}	МЛТ-0,5	300 Ом	R_{92}	МЛТ-0,5	8,2 кОм
R_{28}	МЛТ-0,5	120 кОм	R_{93}	МЛТ-0,5	10 кОм
R_{29}	МЛТ-0,5	12 кОм	R_{94}	МЛТ-0,5	2,2 кОм
R_{30}	МЛТ-0,5	1,1 кОм	R_{95}	МЛТ-1	820 Ом
R_{31}	МЛТ-0,5	430 Ом	R_{96}	МЛТ-0,5	12 кОм
R_{32}	СПО-0,5	100 кОм	R_{97}	МЛТ-0,5	1,2 кОм
R_{33}	ВС-0,25	62 Ом	C_1	БГМ-2-400	0,01 мкФ
R_{34}	МЛТ-0,5	1,1 кОм	C_2	КСО-2-500Б	200 пФ
R_{35}	МЛТ-0,5	430 Ом	C_3	КСО-2-500	750 пФ
R_{36}	СП-I-2А	1 кОм	C_4	КСО-2-500Б	680 пФ
R_{37}	ВС-0,25	62 Ом	C_5	КСО-2-500Г	200 пФ
R_{38}—R_{40}	МЛТ-1	820 Ом	C_6	МБГП-2-200	0,5 мкФ
R_{41}	МЛТ-0,5	10 кОм	C_7	МБМ	0,1 мкФ
R_{42}	ВС-0,25	62 Ом	C_8	КСО-5-500Б	1500 пФ
R_{43}	МЛТ-0,5	3300 Ом	C_9, C_{10}	МБГО-2-300	2 мкФ
R_{44}	МЛТ-0,5	910 Ом	C_{11}	КСО-5-500Г	1500 пФ
R_{45}	МЛТ-0,5	110 Ом	C_{12}, C_{14}	КБГ-И-200	0,05 мкФ
R_{46}	МЛТ-0,5	910 Ом	C_{15}	БГМ-2-400	0,01 мкФ
R_{47}	МЛТ-0,5	100 Ом	C_{16}	КТК-1б-Д	100 пФ
R_{48}	СП-I-2А	10 кОм	C_{17}	КТК-1б-Д	180 пФ
R_{49}	МЛТ-0,5	510 кОм	C_{18}	КСО-5-500Б	3000 пФ
R_{50}	МЛТ-0,5	820 кОм	C_{19}	КСО-5-250Б	9100 пФ
R_{51}	МЛТ-0,5	510 кОм	C_{20}	КСО-2-500Б	1000 пФ
R_{52}	МЛТ-0,5	22 кОм	C_{21}	КСО-2-500Б	1000 пФ
R_{53}	МЛТ-0,5	5,6 кОм	C_{22}	КТК-1б-Д	160 пФ
R_{54}	МЛТ-0,5	3 кОм	C_{23}	БГМ-2-400	0,01 мкФ

Продолжение табл. 103

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
C_{24}—C_{27}	МБГО-2-300	10 мкФ	$Л_{14}$	МН-16	13,5 В; 0,18 А
C_{28}—C_{30}	ЭМ-60	3 мкФ	$Л_{15}$	МН-6	—
C_{31}, C_{32}	МБМ	0,1 мкФ	$Д_1$—$Д_{10}$	Д2Е	—
C_{33}	КТК-1б-Д	15 пФ	$Д_{11}$—$Д_{22}$	ДГ-Ц27	—
C_{34}	КТК-1б-Д	68 пФ	$Д_{23}$—$Д_{27}$	Д2Е	—
C_{35}	КСО-2-500Б	300 пФ	$Тр_1$—$Тр_6$	Импульсный	—
$Л_1$—$Л_4$	6Н3П	—	$Тр_7$	Силовой	—
$Л_5$, $Л_6$	6П14П	—	$ЛЗ_1$	ЛЗ-Г-2-0,25-1200	—
$Л_7$—$Л_{12}$	6Н3П	—	$ЛЗ_2$	ЛЗ-Н-11-1,0-1200	—
$Л_{13}$	СГ1П	—	$ЛЗ_3$	ЛЗТ-4,0-1200 и ЛЗ-Н-11-1,0-1200	—

ручка которого на передней панели обозначена «амплитуда импульса». Выходные импульсы через переключатель $П_4$ подводятся к гнезду «выход». Отсюда через переключатель $П_5$, обозначенный на передней панели «делитель выхода», импульсы могут подаваться на внутренний делитель, образованный сопротивлениями R_{43}, R_{44}, R_{46}, R_{47}. С делителя ослабленные в 10 и 100 раз импульсы подводятся к гнездам «1 : 10» и «1 : 100» соответственно.

Измеритель импульсов работает по принципу сравнения амплитуды импульсов с постоянным калиброванным напряжением.

Схема сравнения работает следующим образом. На диодный ограничитель с германиевыми диодами $Д_9$, $Д_{10}$ с потенциометра R_{72} одновременно подаются измеряемые импульсы и регулируемое напряжение. При измерении постоянное напряжение устанавливается несколько меньшим амплитуды импульсов. В результате на сетку лампы $Л_{12а}$ и $Л_{12б}$ (усилитель) подаются импульсы. После усилителя импульсы попадают на расширитель импульсов, работающий на лампе $Л_{11}$ по схеме мультивибратора с одним устойчивым состоянием. Индикация импульсов мультивибратора осуществляется неоновой лампочкой $Л_{15}$. Постоянное напряжение устанавливается потенциометром R_{72}, ручка которого на передней панели обозначена «измерение амплитуды». Подключение измерителя амплитуды осуществляется при помощи переключателя $П_5$ «измерение». На потенциометр R_{72} подается выпрямленное напряжение +150 В через стабилизатор $Л_{13}$.

Каскад внешней синхронизации работает на лампе $Л_{7а}$. При синхронизации положительными импульсами эта лампа работает в режиме катодного повторителя. С катодной нагрузки R_{50} через переключатель $П_6$ импульс подается на сетку пусковой лампы $Л_{7б}$. При отрицательной полярности синхронизирующего импульса каскад, собранный на лампе $Л_{7а}$, работает по схеме реостатного усилителя. В этом случае на пусковую лампу импульс снимается с анодной нагрузки R_{93}. Пусковая лампа подключена параллельно участку анод—катод лампы задающего блокинг-генератора. Такая схема исключает влияние цепи запуска на процесс формирования импульсов.

Блок питания содержит два выпрямителя: на напряжение 220 В, собранный по мостовой схеме, работающей на германиевых диодах $Д_{11}$—$Д_{22}$, и на 25 В, собранный по мостовой схеме на диодах $Д_{23}$—$Д_{26}$.

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г5-8 приведена в табл. 103.

Подготовка прибора к работе

В комплект прибора входят собственно генератор, шнур питания и два коаксиальных кабеля с навинчивающимися разъемами на одном конце и со стандартными вилками на другом. Вилки снабжены съемными зажимами.

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 215). Переключатель силового трансформатора и предохранитель расположены на задней стенке под крышкой.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Установить переключатель силового трансформатора в соответствии с имеющимся напряжением сети.

2. Переключатель сети установить в положение «выкл.».

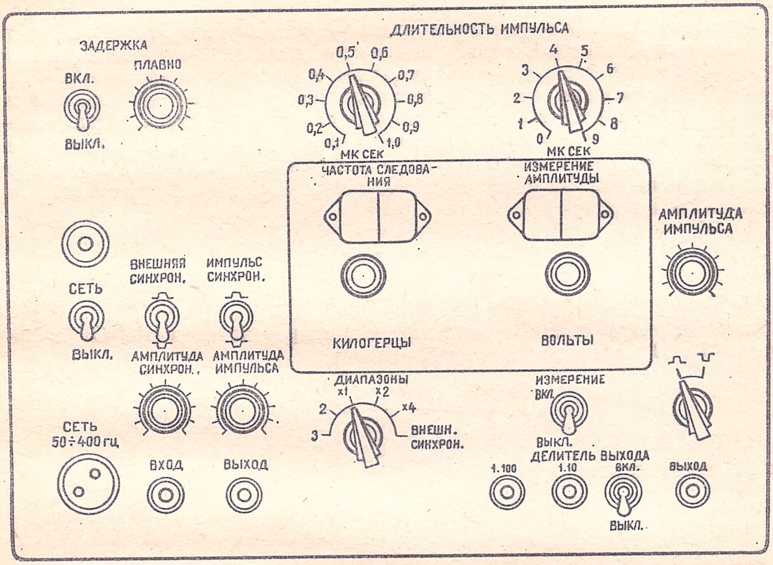

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИМПУЛЬСА
ЗАДЕРЖКА
ВКЛ.
ПЛАВНО
ВЫКЛ.
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
МК СЕК
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
МК СЕК
ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ
ИЗМЕРЕНИЕ АМПЛИТУДЫ
АМПЛИТУДА ИМПУЛЬСА
ВНЕШНЯЯ СИНХРОН.
ИМПУЛЬС СИНХРОН.
СЕТЬ
ВЫКЛ.
КИЛОГЕРЦЫ
ВОЛЬТЫ
АМПЛИТУДА СИНХРОН.
АМПЛИТУДА ИМПУЛЬСА
ДИАПАЗОНЫ
x1
x2
x4
2
3
ВНЕШН. СИНХРОН.
ИЗМЕРЕНИЕ
ВКЛ.
ВЫКЛ.
СЕТЬ 50÷400 гц.
ВХОД
ВЫХОД
ДЕЛИТЕЛЬ ВЫХОДА
1.100
1.10
ВКЛ.
ВЫКЛ.
ВЫХОД

Рис. 215. Вид передней панели прибора Г5-8.

3. Подключить кабель питания к прибору и к сети.

4. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение нескольких минут.

Работа с прибором

Необходимая длительность импульсов устанавливается ручками «длительность импульса». Длительность выходных импульсов определяется суммой показаний ручек.

Необходимая частота следования импульсов устанавливается ручкой «частота следования» и ручкой «диапазоны». Значение установленной частоты в килогерцах определяется по шкале с учетом множителя.

Для измерения амплитуды выходных импульсов необходимо:

1. Переключатель «измерение» установить в положение «вкл.».

2. Ручкой «вольты» установить показания шкалы, соответствующие 75 В.

3. Медленно поворачивая ручку «вольты» против часовой стрелки, зафиксировать момент зажигания неоновой лампочки. Амплитуда импульса в вольтах определяется по шкале.

Амплитуда выходных импульсов регулируется ручкой «амплитуда импульса».

Для установки амплитуды выходных импульсов необходимо:

1. Ручку «амплитуда импульса» повернуть против часовой стрелки до упора.

2. Переключатель «измерение» установить в положение «вкл.».

3. Ручкой «вольты» установить по шкале значение требуемой амплитуды импульса.

4. Медленно поворачивая ручку «амплитуда импульса», установить ее в положение, соответствующее зажиганию неоновой лампочки.

Примечание. Поворот ручки «амплитуда импульса» дальше положения, соответствующего зажиганию неоновой лампочки, приводит к искажению формы выходных импульсов и несоответствию амплитуды выходных импульсов показаниям шкалы.

Описанная методика установки амплитуды выходных импульсов соответствует подключению нагрузки сопротивлением 1 кОм к гнезду «выход» и выключенному «делителю выхода» (переключатель в положении «выкл.»).

При необходимости амплитуда выходных импульсов может быть ослаблена в 10 и 100 раз. Это достигается снятием выходных импульсов с гнезд «делитель выхода». Переключатель при этом должен быть установлен в положение «вкл.». Сопротивление нагрузки должно быть не менее 10 кОм. При меньших сопротивлениях нагрузки коэффициент деления делителя выхода определяется с учетом поправочного коэффициента

$$K = \frac{1}{1 + \frac{100}{R_н}}.$$

Например, при подключении нагрузки сопротивлением 100 Ом к гнезду делителя 1 : 10 поправочный коэффициент

$$K = \frac{1}{1 + \frac{100}{100}} = \frac{1}{2},$$

а коэффициент деления

$$\frac{1}{10} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{20}.$$

Для работы в режиме внутренней синхронизации следует:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель установить в положение, соответствующее требуемой полярности выходных импульсов.

3. Установить требуемые длительность, частоту следования и амплитуду выходных импульсов.

Для улучшения формы выходного импульса после установки или измерения амплитуды импульса переключатель «измерение» перевести в положение «выкл.».

При необходимости синхронизировать работу исследуемых устройств запускающие импульсы снимаются с гнезда «выход». Полярность синхронизирующих импульсов устанавливается при помощи переключателя, а амплитуда импульса регулируется ручками «импульс синхрон. ⊓⊔ — амплитуда импульса» соответственно. В этом случае синхронизирующий импульс подается в исследуемое устройство на 0,3 мкс раньше выходного импульса, если переключатель «задержка» установлен в положение «выкл.». При установке переключателя задержки в положение «вкл.» выходные импульсы задерживаются относительно синхронизирующих на 10—70 мкс. Величина задержки регулируется при помощи ручки «задержка—плавно».

Для работы в режиме внешней синхронизации необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель «диапазоны» поставить в положение «внешн. синхрон.».

3. Установить требуемые длительность и амплитуду выходных импульсов.

4. Переключатель «внешняя синхрон.» установить в соответствии с полярностью синхронизирующих импульсов.

При синхронизации синусоидальным напряжением частотой 300—5000 Гц переключатель установить в положение «⊔», при частоте синхронизирующего напряжения 5000—10 000 Гц — в положение «⊓». Частота следования выходных импульсов прибора Г5-8 будет определяться частотой синхронизирующего напряжения.

5. Выход источника синхронизирующих импульсов подключить к гнезду «вход».

6. Ручкой «амплитуда синхрон.» добиться устойчивой работы прибора.

7. Задержка выходных импульсов относительно синхронизирующих осуществляется переключателем «задержка» и ручкой «задержка—плавно». При установке переключателя в положение «выкл.» задержка выходного импульса фиксированная и составляет 0,3 мкс. При установке переключателя в положение «вкл.» задержка регулируется от 10 до 70 мкс.

Генератор импульсов Г5-15

Является генератором коротких импульсов с регулируемой частотой следования для настройки радиотехнических устройств в лабораторных и полевых условиях.

Основные технические характеристики

1. Диапазон длительностей генерируемых импульсов от 0,1 до 10 мкс с регулировкой ступенями через 0,1 мкс.

2. Длительность фронта и время спада импульсов не превышает соответственно 0,075 мкс+0,5% и 0,15 мкс+0,5% от установленной длительности импульсов.

3. Погрешность установки длительности импульсов не превышает 0,03 мкс+ +10% от установленной длительности импульсов.

4. Частота следования импульсов плавно регулируется от 40 до 10 000 Гц и устанавливается с погрешностью не более 4 Гц+10% от установленного значения.

5. Амплитуда выходных импульсов плавно регулируется от 10 до 100 В на нагрузке 1000 Ом при параллельной емкости 50 пФ (с учетом емкости кабеля).

6. Погрешность установки амплитуды импульсов не превышает 1 В+10% от установленного значения при длительности импульсов от 0,3 до 10 мкс.

7. Установленная амплитуда импульсов может быть уменьшена внутренними аттенюаторами прибора в 10, 100, 1000 и 10000 раз.

8. Выходное сопротивление аттенюатора 100 Ом.

9. Для запуска внешних устройств генератор вырабатывает импульсы синхронизации обеих полярностей длительностью от 0,4 до 1,1 мкс с фронтом не более 0,15 мкс и амплитудой не менее 30 В на нагрузке 1000 Ом с параллельной емкостью 50 пФ (с учетом емкости кабеля).

10. Генератор может запускаться от внешнего источника:

импульсами обеих полярностей длительностью не менее 0,5 мкс с фронтом не более 0,1 мкс и амплитудой не менее 10 В с частотой повторения до 10 000 Гц;

синусоидальным напряжением не менее 20 В эфф. с частотой от 50 до 10 000 Гц.

11. В приборе предусмотрена задержка выходных импульсов относительно импульсов синхронизации на время от 0 до 50 мкс. Начальная задержка импульса синхронизации относительно внешнего запускающего импульса не превышает 0,4 мкс.

12. Погрешность установки задержки не более:

0,1 мкс+10% от установленной задержки в интервале от 0 до 2 мкс;

0,3 мкс+10% от установленной задержки в интервале от 2 до 50 мкс.

13. Питание прибора от сети переменного тока напряжением 115 В ± 5% с частотой 400 Гц и 127, 220 В ± 5% с частотой 50 Гц. Потребляемая от сети мощность не более 155 ВА при частоте 50 Гц и не более 130 ВА при частоте 400 Гц.

14. Вес прибора с кабелями не более 12,5 кг, габаритные размеры 380×290×200 мм.

Схема прибора

Структурная схема прибора Г5-15 (рис. 216) включает задающий генератор, схему внешней синхронизации, схему фиксированной и регулируемой задержки, схему формирования импульсов с усилителем, выходные делители, схему измерения амплитуды импульсов и блок питания.

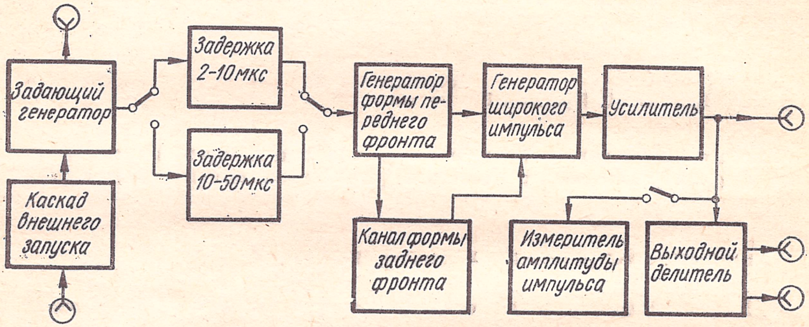

Задающий генератор
Задержка 2-10 мкс
Задержка 10-50 мкс
Генератор формы переднего фронта
Генератор широкого импульса
Усилитель
Каскад внешнего запуска
Канал формы заднего фронта
Измеритель амплитуды импульса
Выходной делитель

Рис. 216. Структурная схема прибора Г5-15.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 217.

Задающий генератор представляет собой самовозбуждающийся блокинг-генератор с положительной сеткой на лампе $Л_{1а}$. Частота следования импульсов регулируется «грубо» переключателем сопротивлений R_3—R_9 переключателем $П_2$ и «плавно» — изменением потенциала сетки при помощи потенциометра R_{13}. Ручки этих регулировок выведены на переднюю панель прибора и обозначены соответственно «диапазоны» и «частота следования» (рис. 218). Переключателем $П_2$ генератор переводится и в режим внешнего запуска (ждущий режим).

Импульсы генератора отрицательной полярности со вторичной обмотки трансформатора $Тр_1$ запускают через схему задержки последующие узлы схемы. С другой вторичной обмотки снимается импульс для запуска внешних устройств, подключаемых к гнезду $Г_1$. Полярность этих импульсов устанавливается переключателем $П_1$ (ручкой «импульс синхронизации ⊓⊔»).

Схема внешнего запуска задающего генератора собрана на лампах $Л_8$, $Л_{1б}$ и представляет собой усилитель по реостатной схеме. Импульс внешнего запуска подводится к гнезду $Г_5$, а затем через потенциометр R_{70} и переключатель полярности $П_8$ подается на сетку $Л_{8а}$ (при положительной полярности) или на сетку $Л_{8б}$ (при отрицательной полярности). Усиленный импульс с анода $Л_{8б}$ через усилитель на лампе $Л_{1б}$ по схеме параллельного запуска отпирает задающий генератор, находящийся до этого в запертом состоянии. Ручки потенциометра R_{70} и переключателя $П_8$ на передней панели имеют обозначение «внешний запуск ⊓⊔», «амплитуда».

Схема задержки представляет собой совокупность схемы фиксированной и регулируемой (плавно) задержки. Фиксированная задержка выполнена на линиях задержки $ЛЗ_1$ и $ЛЗ_2$ типа LC. Величина задержки устанавливается коммутацией линий при помощи переключателей $П_3$ и $П_4$, ручки которых на передней панели обозначены «задержка μS». При этом величина задержки регулируется от 0 до 2 мкс через 0,1 мкс.

Импульс после линий задержки поступает на сетку инвертирующей лампы $Л_{3а}$ и с ее анода запускает схему формирования выходного импульса. Схема регулируемой задержки представляет собой мультивибратор с одним устойчивым состоянием и работает на лампе $Л_{2а}$.

В исходном состоянии лампа $Л_{2а}$ заперта. Длительность вырабатываемого мультивибратором импульса, определяющего задержку импульса, регулируется изменением сопротивления R_{25}, ручка которого на передней панели обозначена «μS» с лимбом «задержка 2—10, 10—50».

Пределы изменения задержки (2—10 или 10—50 мкс) устанавливаются переключением конденсаторов C_5, C_6 и C_7, C_8 ручкой переключателя $П_4$ («задержка 0—1, 2—10, 10—50»), который определяет и вид задержки.

Сформированный импульс с анода лампы $Л_{2б}$ через дифференцирующую цепочку C_{10}, R_{89} подается также на инвертирующую лампу $Л_{3а}$ и запускает схему формирования выходного импульса. Формируется выходной импульс путем раздельного формирования его переднего и заднего фронта.

Положительный импульс с анода лампы $Л_{3а}$ запускает блокинг-генератор переднего фронта импульса ($Л_{3б}$), который генерирует короткий импульс с крутым передним фронтом. Этот импульс подается на запуск блокинг-генератора широкого импульса ($Л_{4а}$) и в канал формирования заднего фронта. После запуска блокинг-генератор широкого импульса вырабатывает импульс длительностью 12—14 мкс.

Канал формирования заднего фронта состоит из схемы задержки ($Л_9$), блокинг-генератора заднего фронта ($Л_{10б}$) и срывающей лампы $Л_{10а}$. Схема задержки (мультивибратор с одним устойчивым состоянием) осуществляет задержку импульса на время от 0,1 до 10 мкс ступенями через 0,1 мкс. Задержанный импульс через инвертирующую лампу $Л_{10а}$ запускает блокинг-генератор формирования заднего фронта ($Л_{10б}$).

Положительный импульс с выходной обмотки трансформатора $Тр_6$ подается на сетку срывающей лампы $Л_{4б}$ и через нее к сеточной обмотке трансформатора $Тр_5$ блокинг-генератора широкого импульса ($Л_{4а}$), приводя к срыву его генерации.

Сформированный таким образом выходной импульс положительной полярности имеет крутой передний фронт и задний спад. Длительность его определяется величиной задержки, установленной в канале формирования заднего фронта и осуществляемой при помощи коммутации линий задержки $ЛЗ_3$ и $ЛЗ_4$, при помощи переключателей $П_9$ и $П_5$, ручки которых на передней панели имеют обозначение «длительность импульса μS 0,1—1,0; 0—9».

Для придания импульсу прямоугольной формы в схему прибора включен триодный ограничитель сверху ($Л_{5б}$). С выхода ограничителя импульс поступает на выходной усилитель, состоящий из катодного повторителя ($Л_6$) и выходного каскада ($Л_7$). Регулируется амплитуда выходных импульсов потенциометром R_{54}, ручка которого на передней панели обозначена «амплитуда импульса». Полярность выходных импульсов устанавливается переключателем $П_6$, имеющим гравировку на передней панели «⊓⊔». Выходной импульс после переключателя $П_6$ подводится к гнезду «выход» и внутреннему аттенюатору непосредственно при ослаблении импульса в 10 и 100 раз или через переключатель $П_7$ и дополнительный аттенюатор (R_{62}, R_{65}, R_{66}, R_{68}) — при ослаблении в 1000 и 10 000 раз. Ослабленные импульсы подводятся к гнездам $Г_3$ и $Г_4$ с обозначением «1 : 100 и 1 : 10» или «1 : 1000 и 1 : 10 000» (в соответствии с положением переключателя $П_7$).

Измеряются импульсы сравнением амплитуды измеряемых импульсов с постоянным калиброванным напряжением соответствующего знака. Сравнение производится диодным ограничителем $Д_{22}$, $Д_{23}$, уровень ограничения которого устанавливается изменением напряжения, снимаемого с потенциометра R_{112}, ручка которого выведена с обозначением «измерение амплитуды». При измерении

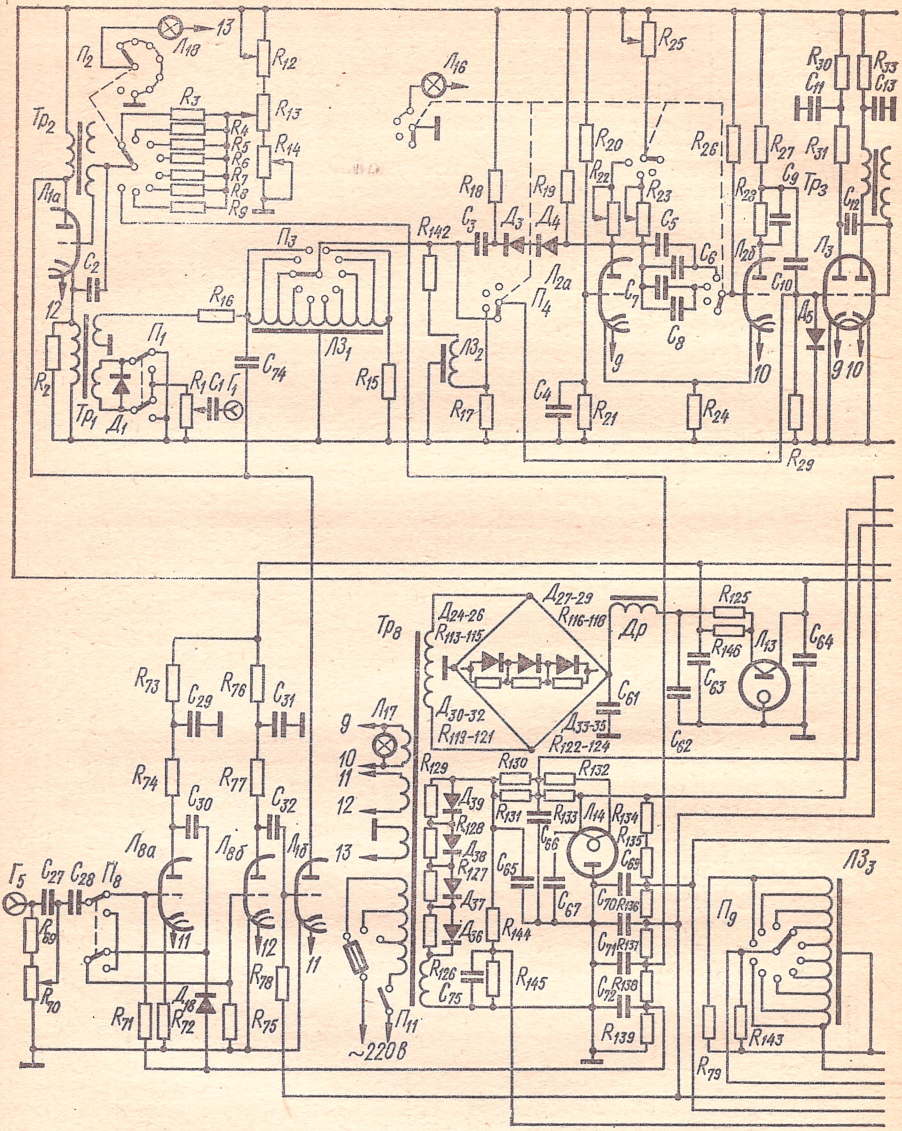

Л18
13
П2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R12
R13
R14
Тр2
Л1а
С2
12
R2
Тр1
Д1
П1
R1
С1
Г1
R16
С74
П3
ЛЗ1
R15
Л16
R142
С3
Д3
Д4
R18
R19
Л2а
П4
ЛЗ2
R17
С4
R21
R25
R20
R22
R23
С5
С6
С7
С8
R24
R26
9
R27
R28
С9
Л2б
С10
Д5
10
R29
R30
С11
R31
R33
С13
Тр3
С12
Л3
9 10
Тр8
Д24-26
R113-115
Д27-29
R116-118
Др
Д30-32
R119-121
Д33-35
R122-124
С61
R125
R146
Л13
С64
С63
С62
R73
С29
R76
С31
R74
С30
R77
С32
Л8а
Л8б
Л1б
Л17
9
10
11
12
13
Г5
С27
С28
П8
R69
R70
R71
R72
Д18
R78
R75
11
12
11
П11
~220 в
R129
Д39
R128
Д38
R127
Д37
Д36
R126
С75
R130
R131
R132
R133
С66
Л14
R134
R135
С65
С67
С69
С70
R136
R144
С71
R137
R145
С72
R138
R139
ЛЗ3
П9
R79
R143

Рис. 217. Принципиальная

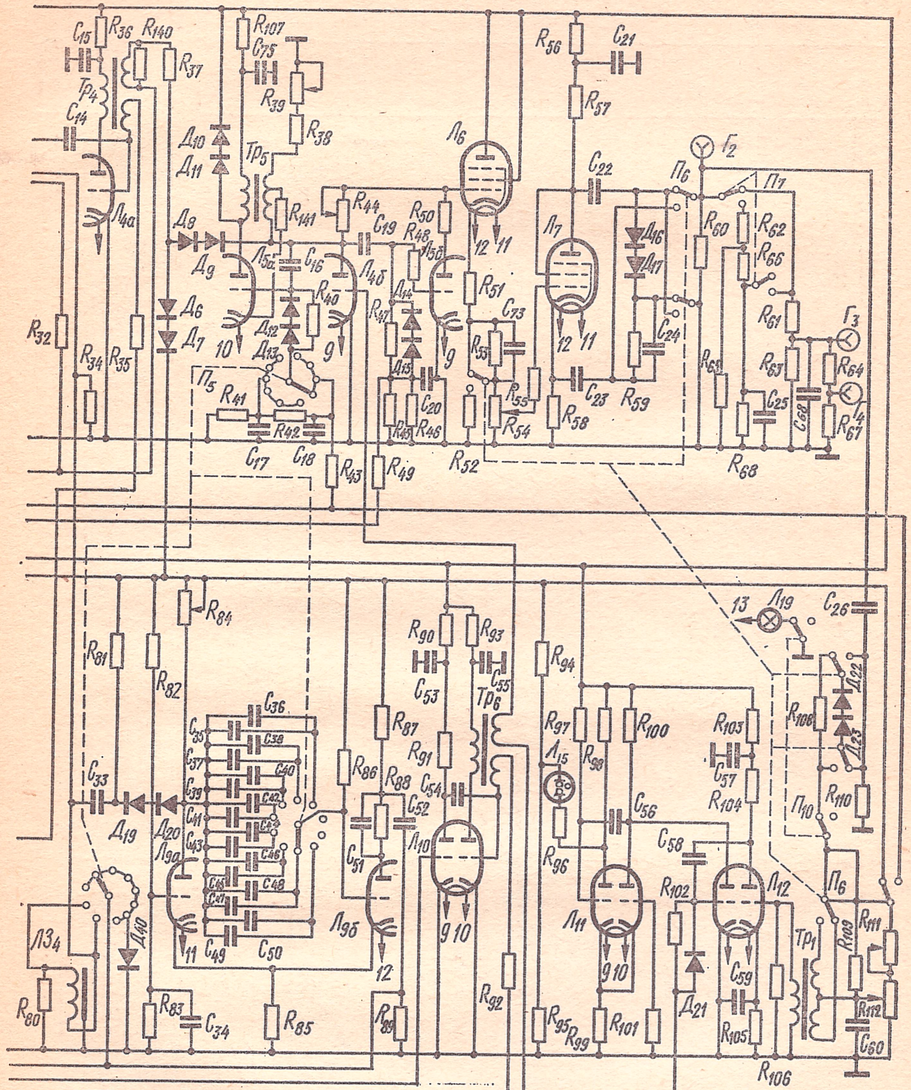

C15
R36
R140
R107
C75
R37
Тр4
R39
C14
Д10
R38
Д11
Тр5
Л6
R56
C21
R57
Г2
C22
П6
П7
Л4а
Д8
Д9
R141
R44
C19
R50
R48
Л5б
C16
Л5а
Л4б
Д14
R60
R62
R66
Л7
Д16
Д17
Д6
Д7
R32
R34
R35
10
Д12
Д13
R40
9
R47
Д15
R51
C73
R53
12
11
R61
Г3
C24
R63
R65
R64
П5
R41
R42
C17
C18
R43
R45
R46
C20
R49
R52
R55
R54
C23
R58
R59
C25
C68
Г4
R67
R68
13
Л19
C26
R84
R81
R82
R90
R93
C53
C55
Тр6
R94
Д22
R108
Д23
C36
C35
C38
C37
C40
C39
C42
C41
C44
C43
C46
C45
C47
C48
C49
C50
R87
R91
R86
R88
C54
C52
C51
Л10
R97
Л15
R98
R100
R103
C57
R104
C56
R96
C58
R102
Л11
Л12
П10
R110
П6
R111
R109
C33
Д19
Д20
Л9а
Л9б
ЛЗ4
Д40
R80
R83
C34
R85
R89
R92
R95
R99
R101
Д21
C59
R105
Тр1
R112
C60
R106

схема прибора Г5-15.

104. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г5-15

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	СП-I-2А	1 кОм	R_{57}, R_{58}	МЛТ-2	1,5 кОм
R_2	МЛТ-0,5	510 Ом	R_{59}	МЛТ-0,5	110 Ом
R_3	МЛТ-1	10 МОм	R_{60}	МЛТ-1	10 кОм
R_4	МЛТ-0,5	3,9 МОм	R_{61}, R_{62}	МЛТ-2	910 Ом
R_5	МЛТ-0,5	2 МОм	R_{63}	МЛТ-0,5	120 Ом
R_6	МЛТ-0,5	1 МОм	R_{64}	МЛТ-0,5	910 Ом
R_7	МЛТ-0,5	510 кОм	R_{65}	МЛТ-0,5	110 Ом
R_8	МЛТ-0,5	240 кОм	R_{66}	МЛТ-0,5	910 Ом
R_9	МЛТ-0,5	91 кОм	R_{67}	МЛТ-0,5	100 Ом
R_{12}	ППЗ-11	20 кОм	R_{68}	МЛТ-0,5	110 Ом
R_{13}	Проволочный	20 кОм	R_{69}	МЛТ-0,5	2 кОм
R_{14}	ППЗ-11	10 кОм	R_{70}	СП-I-2А	50 кОм
R_{15}	МЛТ-0,5	1,2 кОм	R_{71}	МЛТ-0,5	510 кОм
R_{16}	МЛТ-0,5	150 Ом	R_{72}	МЛТ-0,5	510 Ом
R_{17}	МЛТ-0,5	1,2 кОм	R_{73}	МЛТ-1	18 кОм
R_{18}	МЛТ-0,5	240 кОм	R_{74}	МЛТ-1	3,3 кОм
R_{19}	МЛТ-0,5	1,5 МОм	R_{75}	МЛТ-0,5	510 кОм
R_{20}	МЛТ-0,5	200 кОм	R_{76}	МЛТ-2	18 кОм
R_{21}	МЛТ-0,5	10 кОм	R_{77}	МЛТ-1	3,3 кОм
R_{22}	ППЗ-11	10 кОм	R_{78}	МЛТ-0,5	91 кОм
R_{23}	ППЗ-11	5,6 кОм	R_{79}, R_{80}	МЛТ-0,5	1,2 кОм
R_{24}	ВС-0,5	1,6 кОм	R_{81}	МЛТ-0,5	240 кОм
R_{25}	Проволочный	14,5 кОм	R_{82}	МЛТ-0,5	200 кОм
R_{26}	МЛТ-0,5	360 кОм	R_{83}	МЛТ-0,5	10 кОм
R_{27}	МЛТ-1	6,2 кОм	R_{84}	ППЗ-11	10 кОм
R_{28}	МЛТ-1	4,7 кОм	R_{85}	ВС-0,5	1,6 кОм
R_{29}	МЛТ-0,5	8,2 кОм	R_{86}	МЛТ-0,5	360 кОм
R_{30}, R_{31}	МЛТ-2	10 кОм	R_{87}	МЛТ-1	6,2 кОм
R_{32}	МЛТ-0,5	22 кОм	R_{88}	МЛТ-1	4,7 кОм
R_{33}	МЛТ-0,5	2 кОм	R_{89}	МЛТ-0,5	8,2 кОм
R_{34}	МЛТ-0,5	300 Ом	R_{90}, R_{91}	МЛТ-2	10 кОм
R_{35}	МЛТ-0,5	22 кОм	R_{92}	МЛТ-0,5	22 кОм
R_{36}	МЛТ-0,5	2 кОм	R_{93}	МЛТ-0,5	2 кОм
R_{37}, R_{38}	МЛТ-0,5	150 Ом	R_{94}	МЛТ-0,5	200 кОм
R_{39}	МЛТ-0,5	1 кОм	R_{95}	МЛТ-0,5	120 кОм
R_{40}	МЛТ-0,5	91 кОм	R_{96}	МЛТ-0,5	91 кОм
R_{41}	МЛТ-0,5	2,7 кОм	R_{97}	МЛТ-2	33 кОм
R_{42}	МЛТ-0,5	2 кОм	R_{98}	МЛТ-0,5	1,5 МОм
R_{43}	МЛТ-2	11 кОм	R_{99}	МЛТ-0,5	3,3 кОм
R_{44}	СПО-0,5	470 Ом	R_{100}	МЛТ-1	27 кОм
R_{45}, R_{46}	МЛТ-2	43 кОм	R_{101}, R_{102}	МЛТ-0,5	91 кОм
R_{47}	МЛТ-0,5	91 кОм	R_{103}, R_{104}	МЛТ-2	10 кОм
R_{48}	МЛТ-0,5	110 Ом	R_{105}	МЛТ-0,5	430 Ом
R_{49}	МЛТ-0,5	2 кОм	R_{106}	МЛТ-0,5	2 кОм
R_{50}	МЛТ-0,5	110 Ом	R_{107}	МЛТ-1	100 Ом
R_{51}	ВС-0,25	56 Ом	R_{108}	МЛТ-0,5	1,2 кОм
R_{52}	МЛТ-1	1,6 кОм	R_{109}	МЛТ-0,5	2 кОм
R_{53}	МЛТ-2	330 Ом	R_{110}	МЛТ-0,5	22 кОм
R_{54}	СП-I-2А	1 кОм	R_{111}	ППЗ-11	20 кОм
R_{55}	МЛТ-0,5	110 Ом	R_{112}	Проволочный	20 кОм
R_{56}	МЛТ-2	1,2 кОм			

Продолжение табл. 104

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_{113} —	МЛТ-0,5	47 кОм	C_{36}	КС-1-500-0	150 пФ
R_{124}			C_{37}	КПК-1	8—30 пФ
R_{125}	ПЭВ-10	3 кОм	C_{38}	КС-1-500-0	150 пФ
R_{126} —	МЛТ-0,5	47 кОм	C_{39}	КПК-1	8—30 пФ
R_{129}			C_{40}	КС-1-500-0	120 пФ
R_{130}, R_{131}	МЛТ-2	2,2 кОм	C_{41}	КПК-1	8—30 пФ
R_{132}, R_{133}	МЛТ-2	3 кОм	C_{42}	КС-1-500-0	100 пФ
R_{134}	МЛТ-2	22 кОм	C_{43}	КПК-1	8—30 пФ
R_{135}	МЛТ-0,5	2,7 кОм	C_{44}	КС-1-500-0	82 пФ
R_{136}, R_{137}	МЛТ-0,5	1,3 кОм	C_{45}	КПК-1	4—15 пФ
R_{138}	МЛТ-0,5	1 кОм	C_{46}	КС-1-500-0	75 пФ
R_{139}	МЛТ-0,5	360 Ом	C_{47}	КПК-1	4—15 пФ
R_{140}	МЛТ-0,5	2 кОм	C_{48}	КС-1-500-0	47 пФ
R_{141}	ВС-0,25	56 Ом	C_{49}	КПК-1	4—15 пФ
R_{142}	МЛТ-0,5	1,2 кОм	C_{50}	КС-1-500-0	39 пФ
R_{143}	МЛТ-0,5	22 кОм	C_{51}	КС-1-500-М	130 пФ
R_{144}	МЛТ-0,5	240 кОм	C_{52}	КС-1-500-М	47 пФ
R_{145}	МЛТ-0,5	15 кОм	C_{53}	БМТ-2-400	0,01 мкФ
C_{1}	БМТ-2-400	0,01 мкФ	C_{54}	КС-1-500-М	100 пФ
C_{2}	СГМ-3-500	1800 пФ	C_{55}	БМТ-2-400	0,01 мкФ
C_{3}	КС-2-500-М	330 пФ	C_{56}	БМТ-2-400	0,047 мкФ
C_{4}	БМТ-2-400	0,01 мкФ	C_{57}	МБГО-2-300	1 мкФ
C_{5}	КПК-1	8÷30 пФ	C_{58}	КС-2-500-М	360 пФ
C_{6}	КС-2-500-М	430 пФ	C_{59}	КС-1-500-М	200 пФ
C_{7}	КПК-1	4÷15 пФ	C_{60}	БМТ-2-400	0,047 мкФ
C_{8}	КС-1-500-М	68 пФ	C_{61}—C_{63}	МБГО-2-400	10 мкФ
C_{9}	КС-1-500-М	130 пФ	C_{64}	МБГО-2-300	2 мкФ
C_{10}	КС-1-500-М	47 пФ	C_{65}, C_{66}	МБГО-2-300	10 мкФ
C_{11}	БМТ-2-400	0,01 мкФ	C_{67}	МБГО-2-300	2 мкФ
C_{12}	КС-1-500-М	39 пФ	C_{68}	КС-1-500-М	200 пФ
C_{13}	МБТ-2-400	0,01 мкФ	C_{69}—C_{71}	ЭМ-60	3 мкФ
C_{14}	КС-1-500-М	200 пФ	C_{72}	ЭМ-10	10 мкФ
C_{15}	БМТ-2-400	0,01 мкФ	C_{73}	КС-1-500-М	130 пФ
C_{16}	МБГП-2-200	2×0,5 мкФ	C_{74}	КС-1-500-М	15 пФ
C_{17}, C_{18}	ЭМ-60-3-М	3 мкФ	C_{75}	ЭМ-60	3 мкФ
C_{19}	МБГП-2-200	2×0,5 мкФ	ЛЗ_{1}	ЛЗ-Н-11-1-1200	—
C_{20}, C_{21}	МБГП-2-400	10 мкФ	ЛЗ_{2}	ЛЗ-Г-2-1-1200	—
C_{22}	МБГО-2-300	2 мкФ	ЛЗ_{3}	ЛЗ-Н-11-1-1200	—
C_{23}	МБГО-2-300	2 мкФ	ЛЗ_{4}	ЛЗ-Г-2-1-1200	—
C_{24}	КС-2-500-М	510 пФ	Л_{1}	6Н3П-И	—
C_{25}	КС-1-500-М	150 пФ	Л_{2}	6Н1П	—
C_{26}	КС-3-500-М	750 пФ	Л_{3}	6Н3П-И	—
C_{27}	КС-1-500-М	15 пФ	Л_{4}, Л_{5}	6Н6П	—
C_{28}	БМТ-2-400	0,047 мкФ	Л_{6}	6П14П	—
C_{29}	МБГО-2-300	2 мкФ	Л_{7}	6П18П	—
C_{30}	БТМ-2-400	0,01 мкФ	Л_{8}	6Н3П	—
C_{31}	БТМ-2-400	0,047 мкФ	Л_{9}	6Н1П	—
C_{32}	БТМ-2-400	0,01 мкФ	Л_{10}	6Н3П-И	—
C_{33}	КС-2-500-М	330 пФ	Л_{11}, Л_{12}	6Н3П	—
C_{34}	БМТ-2-400	0,01 мкФ	Л_{13}, Л_{14}	СГ1П	—
C_{35}	КПК-1	8—30 пФ	Л_{15}	ТН-0,2	—

Продолжение табл. 104

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
$Л_{16}$—$Л_{19}$	МН-16	13,5В;0,18А	$Д_8$	Д226	—
$Д_1$	Д226	—	$Д_9$—$Д_{17}$	Д2Ж	—
$Д_3$, $Д_4$	Д101А	—	$Д_{18}$—$Д_{20}$	Д101А	—
$Д_5$	Д2Ж	—	$Д_{21}$—$Д_{23}$	Д2Ж	—
$Д_6$	Д226	—	$Д_{24}$—$Д_{39}$	Д226	—
$Д_7$	Д2Ж	—	$Д_{40}$	Д2Ж	—

постоянное напряжение устанавливается меньшим, чем амплитуда измеряемого импульса, на некоторую величину. Эта разница напряжений в виде импульсов подается далее на усилитель ($Л_{12}$) и расширитель импульсов в виде одноперидного мультивибратора, работающего на лампе $Л_{11}$. Индикация импульсов расширителя осуществляется неоновой лампочкой $Л_{15}$.

Отключается схема измерения переключателем $П_{10}$ в положении «измерение амплитуды, выкл.».

Блок питания обеспечивает получение постоянных стабилизированных ($Л_{13}$, $Л_{14}$) напряжений «+300 В» и «—200 В».

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Г5-15 приведена в табл. 104.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 218).

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Установить предохранитель-переключатель силового трансформатора в положение, соответствующее имеющемуся напряжению питания.
2. Переключатель сети установить в положение «выкл.».
3. Подключить кабель питания к прибору (колодка «сеть 50—400 Гц»), а затем к сети.
4. Включить питание, переведя тумблер в положение «сеть» (при этом должна загореться сигнальная лампочка и лампочки подсвета шкал), и дать прибору прогреться в течение нескольких минут.

Работа с прибором

Необходимая длительность импульсов устанавливается ручками «длительность импульса». Длительность выходных импульсов определяется суммой показаний ручек.

Необходимая частота следования импульсов при внутреннем запуске устанавливается переключателем «диапазон частот следования» установкой его в положения «:10», «:4», «:2», «×1», «×4» или «×10» и ручкой «частота следования, Hz». Значение установленной частоты определяется на шкале лимба с учетом множителя, соответствующего установленному диапазону частот.

Необходимая амплитуда выходных импульсов устанавливается ручкой «амплитуда импульса». Выходные импульсы снимаются с гнезда «выход».

Для установки требуемой амплитуды импульса необходимо:

1. Ручку «амплитуда импульсов» повернуть против часовой стрелки до упора.
2. Переключатель «измерение амплитуды» установить в верхнее положение. При этом загорается лампочка подсвета шкалы.
3. Ручку «измерение амплитуды, V» установить в положение, соответствующее требуемой амплитуде импульсов.

4. Медленно поворачивать ручку «амплитуда импульса» до зажигания лампочки «индикатор амплитуды».

Примечание. Поворот ручек «амплитуда импульса» и «измерение амплитуды, V» значительно дальше положения, соответствующего зажиганию индикатора амплитуды, может привести к искажению формы выходного импульса.

5. Тумблер «измерение амплитуды» перевести в положение «выкл.». После этого амплитуда выходного импульса будет соответствовать заданной величине напряжения.

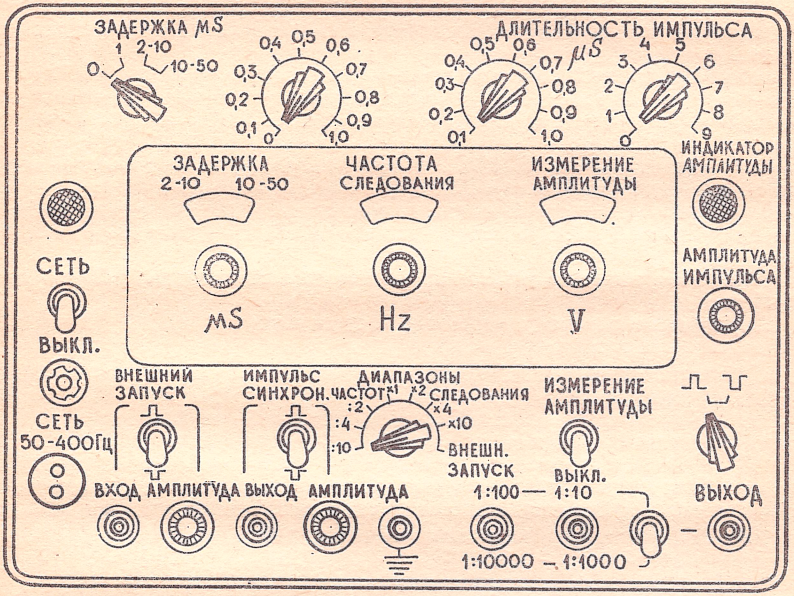

ЗАДЕРЖКА MS
0
1
2-10
10-50
0,4 0,5 0,6
0,3 0,7
0,2 0,8
0,1 0,9
0 1,0
ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИМПУЛЬСА
0,5 0,6 µS
0,4 0,7
0,3 0,8
0,2 0,9
0,1 1,0
3 4 5 6
2 7
1 8
0 9
ЗАДЕРЖКА
2-10 10-50
ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ
ИЗМЕРЕНИЕ АМПЛИТУДЫ
ИНДИКАТОР АМПЛИТУДЫ
MS
Hz
V
СЕТЬ
ВЫКЛ.
АМПЛИТУДА ИМПУЛЬСА
ВНЕШНИЙ ЗАПУСК
ИМПУЛЬС СИНХРОН.
ДИАПАЗОНЫ ЧАСТОТ СЛЕДОВАНИЯ
×1 ×2
:2 ×4
:4 ×10
:10
ВНЕШН. ЗАПУСК
ИЗМЕРЕНИЕ АМПЛИТУДЫ
ВЫКЛ.
СЕТЬ 50-400Гц
ВХОД АМПЛИТУДА ВЫХОД АМПЛИТУДА
1:100 — 1:10
ВЫХОД
1:10000 — 1:1000

Рис. 218. Вид передней панели прибора Г5-15.

При необходимости получить малую амплитуду импульса выходной кабель должен подключаться к гнездам «1 : 100/1 : 10 000» и «1 : 10/1 : 1000». Значение установленного ослабления при этом определяется по положению переключателя аттенюаторов (справа от гнезд).

Если сопротивления нагрузок ($R_н$), подключаемых к гнездам аттенюаторов, отличаются от 1000 Ом, то коэффициент деления аттенюаторов определяется по формуле

$$K_{пр} = \frac{1}{1 + \frac{100}{R_н}}.$$

Например, при подключении внешней нагрузки $R_н = 100$ Ом к гнезду «1 : 10» (при верхнем положении переключателя аттенюаторов) фактическое ослабление импульсов

$$K = \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{1 + \frac{100}{100}} = \frac{1}{20}.$$

Измерение амплитуды импульсов

Для измерения установленной амплитуды импульсов необходимо:

1. Ручку «измерение амплитуды» повернуть против часовой стрелки до упора (за деление 100 В).

2. Тумблер «измерение амплитуды» установить в положение включено.

3. Медленно поворачивая ручку «измерение амплитуды, V» по часовой стрелке, зафиксировать момент зажигания неоновой лампочки «индикатор амплитуды».

4. Значение амплитуды выходных импульсов прочитать по шкале лимба «измерение амплитуды, V» в вольтах.

Необходимая задержка выходных импульсов относительно запускающих устанавливается:

дискретно от 0 до 2 мкс с интервалами 0,1 мкс при помощи ручек «задержка μS, 0—1 и 0; 0,1...0,9; 1,0». Значение задержки импульсов определяется суммой показаний ручек переключателей (лампочка подсвета шкалы «задержек при этом не горит);

плавно от 2 до 10 и от 10 до 50 мкс (в соответствии с положением переключателя «задержка μS», «2—10» или «10—50») при помощи ручки с лимбом «задержка 2—10, 10—50 μS». При этом каждое установленное значение можно изменять дискретно через 0,1 мкс при помощи переключателя «задержка μS 0; 0,1...0,9; 1,0».

Включается задержка установкой переключателей «задержка μS» в нулевое положение.

Для работы в режиме внутреннего запуска следует:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключателем «⊓⊔» установить требуемую полярность выходных импульсов.

3. Установить требуемые длительность, частоту следования, задержку и амплитуду выходных импульсов.

4. При необходимости синхронизировать работу исследуемых устройств с работой генератора запускающие импульсы снимать с гнезда «выход», а полярность и амплитуду запускающих импульсов устанавливать ручками «импульс синхрон. ⊓⊔» и «амплитуда» соответственно. Гнездо «выход» и ручки расположены рядом.

Для работы в режиме внешнего запуска следует:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Установить переключатель «диапазоны частот следования» в положение «внешний запуск». При этом лампочка подсвета шкалы гаснет.

3. Установить требуемые длительность, задержку и амплитуду выходных импульсов.

4. Переключатель «внешний запуск ⊓⊔» установить в соответствии с полярностью импульсов внешнего источника. При внешнем запуске синусоидальным напряжением переключатель установить в положение «⊓».

5. Синхронизирующие импульсы от внешнего источника подвести к гнезду внешнего запуска «вход». Гнездо «вход» и ручки управления расположены на панели рядом.

6. Ручкой «амплитуда» внешнего запуска добиться устойчивой работы генератора.

ГЛАВА XIII

ПРИБОРЫ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

(подгруппа Л)

Основные характеристики приборов общего применения для измерения параметров электронных ламп и полупроводниковых приборов приведены в табл. 105, 106.

105. Основные характеристики измерителей параметров приемно-усилительных ламп

Тип прибора	Испытательное напряжение, В			Погрешность, %
	Накал	Анод, экранные сетки	Управляющие сетки	
Л1-1	1,2 —30	65—185	1—35	5
Л1-2	1,2 —30	10—300	0,2— 1	5
Л1-3	0,30	5—300	0—65	1
Л1-4	—	0—500 2—400 мА	20—50 1 до 50 мА	2—5

106. Основные характеристики измерителей параметров полупроводниковых приборов

Тип прибора	Пределы измерений				Диапазон частот, Гц	Погрешность измерения, %
	h_{11}, Ом	h_{12}	h_{22}, См	α, β		
	В схеме с общей базой					
Л2-2	3—300	$3(10^{-3} \div 10^{-5})$	$3(10^{-6} \div 10^{-8})$	$\alpha = 0{,}7 \div 1$	270	5
	В схеме с общим эмиттером					
	100—10 000	$3(10^{-3} \div 10^{-5})$	$3(10^{-4} \div 10^{-6})$	$\beta = 10 \div 1000$	270	10
	В схеме с общей базой					
Л2-22	3—300	$(0{,}1 \div 3) \cdot 10^{-3}$	$(0{,}1 \div 10) \cdot 10^{-6}$	$(1-\alpha) = 0{,}003 \div 0{,}3$	800	5
	В схеме с общим эмиттером					
	100—10 000	$(0{,}1 \div 3) \cdot 10^{-3}$ $I_{к0}$; $I_{э0}$;	$(0{,}1 \div 3) \cdot 10^{-4}$ $I_{кн} = 0{,}03 \div$ $\div 100$ мкА	$(\beta+1) = 10 \div 1000$	800	5

ИЗМЕРИТЕЛИ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП

Испытатель ламп Л1-1

Предназначен для быстрой ориентировочной оценки работоспособности приемно-усилительных ламп, маломощных кенотронов и генераторных ламп, допускающих рассеиваемую на аноде мощность не более 25 Вт. Прибор Л1-1 заменяет испытатель ламп Л1-2 и может быть применен в лабораторных, цеховых и полевых условиях.

Перечень ламп, поверяемых на приборе, приведен в табл. 107.

Основные технические характеристики

1. Прибор Л1-1 обеспечивает поверку:
диодов и кенотронов на величину выпрямленного тока;
триодов, тетродов и пентодов (в триодном включении) на управляющее действие сетки № 1 (динамическая крутизна);
некоторых приемно-усилительных ламп (с автоматическим смещением), мощных триодов, тетродов и пентодов на величину анодного тока.

2. Работоспособность ламп оценивается по шкале прибора, имеющей зоны: «хорошая» и «плохая» (см. рис. 220).

Оценка «плохая» соответствует одному или нескольким признакам неработоспособности лампы:

обрыв какого-либо электродного вывода;

короткое замыкание между какими-либо электродами (кроме электродов анод—экранная сетка);

мала крутизна характеристики или мал анодный ток у приемно-усилительных и генераторных ламп;

мал выпрямленный ток у кенотронов и диодов.

3. Диапазон рабочих температур прибора от —10 до +40° С. Прибор питается от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127, 220 В или частотой 400—800 Гц напряжением 115 В. Допустимые колебания напряжения от —20 до +10%.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора Л1-1 (рис. 219) включает:
схему поверки диодов на величину выпрямленного тока;
схему поверки ламп по динамической крутизне;
схему поверки ламп на величину анодного тока;
выпрямитель.

При поверке на величину выпрямленного тока исследуемая лампа ставится в режим однополупериодного выпрямителя. Переменное напряжение (в зависимости от положения штепселей) подается с обмоток силового трансформатора. Нагрузкой диода являются сопротивления R_{11}, R_{12}, R_{13}, R_{14}.

Величина выпрямленного тока фиксируется прибором *ИП*, измеряющим выпрямленное напряжение на сопротивлении R_2.

При поверке ламп по динамической крутизне на управляющую сетку исследуемой лампы подается напряжение возбуждения с обмоток трансформатора и отрицательное пульсирующее напряжение смещения от двухполупериодного выпрямителя, работающего на лампе $Л_2$ (снимаемое с сопротивлений R_{20}, R_{21}, включенных последовательно с обмоткой возбуждения).

На анод исследуемой лампы подается пульсирующее напряжение от двухполупериодного выпрямителя на лампе $Л_1$. В результате работы исследуемой лампы на сопротивлениях R_1 и R_2 выделяются в противофазе разные по величине напряжения. Разность этих напряжений измеряется стрелочным прибором.

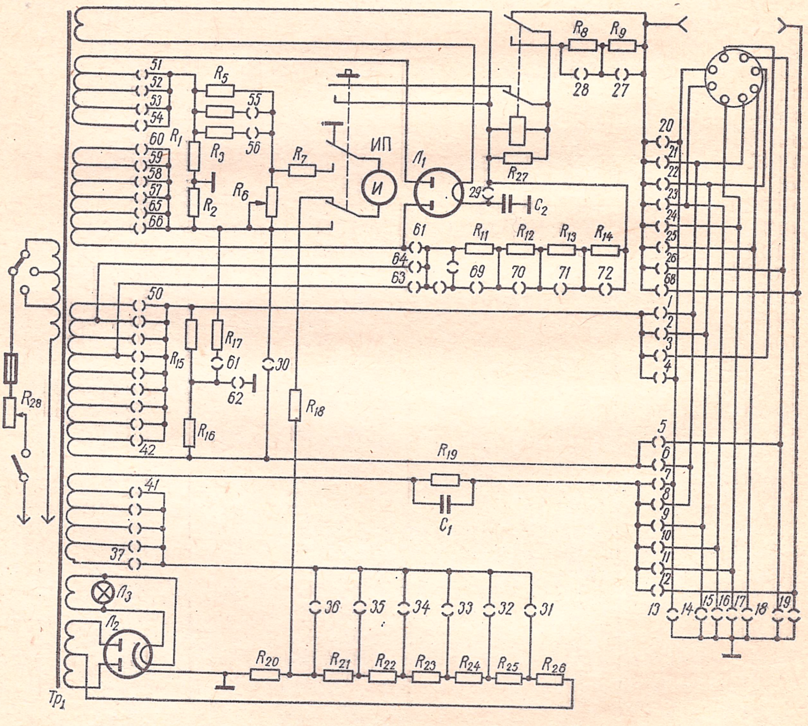
107. Перечень ламп, поверяемых на приборе типа Л1-1

Обозначение ламп	Номер испытательной карты	Обозначение ламп	Номер испытательной карты
1А1П	1	6Л7	65
1Б1П	2,3	6Н1П	66, 67
1К1П	4	6Н2П	68, 69
1П2Б	5	6Н5С	70, 71
2Д1С	6	6Н7С	72
2Ж2М	7	6Н8С	73, 74
2Ж27Л	8	6Н9С	75, 76
2К2М	9	6Н10С	77, 78
2П1П	10	6Н15С	79, 80
2П29Л	11	6Н1П	81
2С4С	12	6Н3С	82
2Ж1Л	13,14	6П6С	83
2Ц2С	15	6П7С	84
4Д5С	16	6Н8С	85
4Ж1Л	17	6П9	86
4П1Л	18	6С1Ж	87
4П10С	19	6С1П	88
4С3С	20	6С2С	89
4Ц6С	21	6С4С	90
5Ц3С	22, 23	6С5С	91
5Ц4М	24, 25	6С5Д	92
5Ц4С	26, 27	6С6Б	93
6А7	28	6С7Б	94
6А8	29	6С8С	95
6А10С	30	6Ф5М	96
6Б8С	31, 32, 33	6Ф6М	97
6Г1	34, 35, 36	6Ф6С	98
6Г2	37, 38, 39	6Ф7	99, 100
6Г7	40, 41, 42	6Ф11	101
6Д3Д	43	6Ф12	102
6Д4Ж	44	6Х2П	103, 104
6Д6А	45	6Х6С	105, 106
6К5С	46	6Ц4С	107, 108
6Ж1Б	47	6Ц5С	109, 110
6Ж1Ж	48	10Ж1Л	111
6Ж1П	49	12Г1	112, 113, 114
6Ж2Б	50	12Г2	115, 116, 117
6Ж2П	51	12Ж1Л	118
6Ж3	52	12Ж8	119
6Ж3П	53	12К4	120
6Ж4	54	12Н10С	121, 122
6Ж6С	55	12П4С	123
6Ж7	56	12С3С	124
6Ж8	57	12Х3С	125, 126
6Ж13Л	58	13П1С	127
6К1Ж	59	30П1С	128
6К1П	60	30Ц6С	129, 130
6К3	61	В1-0,08/4	131
6К4	62	VИ-Ш-Л	132
6К7	63	ВО-188	133, 134
6К9С	64	СО-147	135

Продолжение табл. 107

Обозначение ламп	Номер испытательной карты	Обозначение ламп	Номер испытательной карты
СО-241	136	УО-132	149
СО-242	137	УО-186	150
СО-243	138, 139	Г-807	151
СО-244	140	Г-837	152
СО-245	141	Г-1625	153
СО-257	142	ГИ-30	154
СО-258	143	ГУ-15	155
СО-259	144, 145	ГУ-29	156
УБ-240	146	ГУ-32	157
УО-107	147	ГУ-50	158
УО-110	148		

При поверке ламп с автоматическим смещением схема измерения аналогична предыдущей, с той лишь разницей, что работает только одна половина лампы $Л_1$ и напряжение измеряется на сопротивлении R_2.



R8
R9
28
27
51
52
53
54
R5
55
56
60
R1
59
58
57
65
66
R3
R2
R6
R7
ИП
И
Л1
29
C2
R27
61
R11
R12
R13
R14
64
63
69
70
71
72
20
21
22
23
24
25
26
68
1
2
3
4
50
R15
R17
61
30
62
R16
R18
R28
42
5
6
R19
7
8
41
9
10
C1
11
37
12
Л3
Л2
36
35
34
33
32
31
13
14
15
16
17
18
19
R20
R21
R22
R23
R24
R25
R26
Тр1

Рис. 219. Принципиальная схема прибора Л1-1.

Выпрямитель анодного напряжения работает на лампе $Л_1$, выпрямитель сеточного смещения — на лампе $Л_2$.

В анодную цепь исследуемой лампы включено реле, которое при увеличении анодного тока свыше 100 мА включает в анодную цепь одно из ограничительных сопротивлений R_8 или R_9.

В случае короткого замыкания между катодом и нитью накала сопротивление R_{17} шунтирует сопротивление R_2, в результате чего стрелка индикатора уходит в зону «плохая». При этом между первой сеткой и катодом замыкается цепь возбуждения, лампа не управляется и стрелка индикатора оказывается в зоне «плохая». Лампа не управляется также в случае короткого замыкания первой сетки с экранирующей сеткой, анодом, а также в случае обрыва какого-либо электрода.

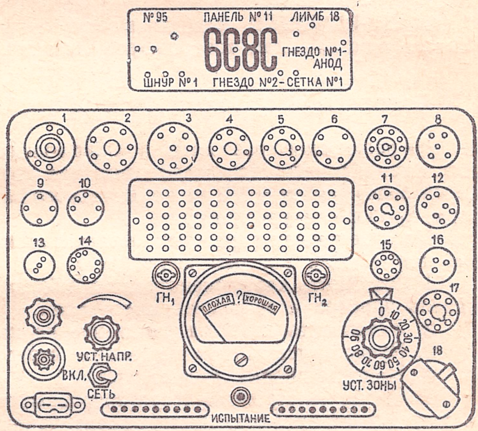


Рис. 220. Вид передней панели прибора Л1-1.

Работа с прибором

Рабочее положение прибора может быть и горизонтальным, и вертикальным.

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 220). Основным органом коммутации и управления прибором служат испытательные карты. Испытательные карты, переходники и соединительные концы помещаются в отсеке прибора под крышкой на боковой (правой) стенке.

Прежде чем включить прибор, необходимо убедиться в том, что данная лампа входит в перечень ламп, поверяемых на приборе Л1-1.

Для поверки лампы необходимо:

1. Убедиться в том, что предохранитель-переключатель силового трансформатора установлен в соответствии с имеющимся напряжением.
2. Переключатель «сеть» установить в положение выключено.
3. Ручку «уст. напр.» поставить в крайнее левое положение.
4. Подключить кабель питания к колодке и к сети.
5. Установить испытательную карту соответствующей лампы на панель штепсельного коммутатора и, вынимая штепсели из запасных колодок, установить их во все отверстия на карте.
6. Установить ручку «уст. зоны» в соответствии с указаниями «лимб» на испытательной карте.
7. Установить поверяемую лампу в панель, номер которой указан на испытательной карте.
8. Переключателем сети включить питание прибора (при этом должна загореться сигнальная лампочка), ручкой «уст. напр.» установить стрелку прибора против красной риски. Дать прибору прогреться в течение 5—7 мин.
9. Нажать кнопку «испытание» и по положению стрелки индикатора оценить работоспособность лампы.

Установка стрелки прибора в зоне годности «хорошая» свидетельствует о том, что поверяемый параметр лампы лежит в пределах норм, указанных в частных технических условиях (ЧТУ) на эту лампу.

Установка стрелки прибора в зоне годности «плохая» свидетельствует о том, что параметры лампы выходят за пределы нормы ЧТУ и такая лампа не подлежит установке в аппаратуру.

Если стрелка индикатора остановилась в зоне «?» (сомнительная), это значит, что поверяемый параметр лампы имеет значение, близкое к нижнему пределу.

Уход стрелки индикатора за шкалу вправо означает, что:

поверяемый параметр далеко превышает свое верхнее значение, заданное ЧТУ, и такая лампа должна быть забракована;

неправильно установлена ручка «уст. зоны» с лимбом;

имеет место короткое замыкание между катодом и сеткой № 1 у ламп, поверяемых на величину анодного тока.

10. Выключить прибор, переведя переключатель сети в положение выключено.

ВОСПРЕЩАЕТСЯ оставлять прибор включенным с поверяемой лампой больше того времени, которое требуется для поверки данной лампы.

Поверка работоспособности прибора

Не реже одного раза в год, а также во всех случаях, когда показания прибора вызывают сомнения или когда показания двух приборов Л1-1 расходятся между собой более чем на ±5% от номинального значения шкалы стрелочного индикатора, прибор следует проверять.

Поверке подлежит рабочий комплект ламп прибора, поверяемый по специальной карте. Для поверки необходимо:

1. Наложить карту «кенотроны прибора» (карта № 159) на коммутационную панель прибора и заполнить штепселями.
2. Установить лимб на указанное на карте деление.
3. Ручкой «уст. напр.» установить стрелку индикатора на красную риску.
4. Нажать кнопку «испытание».

Если оба кенотрона прибора исправны, то стрелка прибора остается против риски, если стрелка отклонялась влево, то неисправен кенотрон 5Ц4С, вправо — кенотрон 6Ц5С.

Испытатель ламп Л1-2

Предназначен для быстрой ориентировочной оценки степени годности радиоламп: приемно-усилительных, маломощных генераторных, кенотронов и газонаполненных стабилизаторов — всего около 130 видов (табл. 108).

Основные технические характеристики

Прибор Л1-2 обеспечивает:

1. Поверку приемно-усилительных и маломощных генераторных ламп на:
   отсутствие короткого замыкания между электродами лампы;
   величину анодного тока;
   величину крутизны характеристики;
   наличие плохих контактов внутри лампы;
   относительное качество вакуума.
2. Поверку кенотронов на:
   отсутствие короткого замыкания между электродами лампы;
   величину выпрямленного тока.
3. Поверку газонаполненных стабилизаторов на:
   напряжение стабилизации;
   относительную степень стабилизации.
4. Погрешность измерения на приборе не превышает ±5%.
5. Питание прибора от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127 и 220 В и частотой 400 и 800 Гц напряжением 115 В. Потребляемая мощность около 200 Вт.

108. Перечень ламп, поверяемых на приборе типа Л1-2

Тип лампы	Номер испытательной карты	Тип лампы	Номер испытательной карты
ВО-188	106, 107	6Б8С	24, 25, 26
В1-0,08/4	137	6Г1	148, 149, 150
Г-807	135	6Г2	27, 28, 29
Г-837	129	6Г7	30, 31, 32
Г-1625	128	6Д3Д	162
ГИ-30	143	6Д4Ж	33
ГУ-15	160	6Д6А	34
ГУ-29	142	6Е5С	121
ГУ-32	144	6Ж1Б	35
ГУ-50	134	6Ж1Ж	36
СГ1П	125	6Ж1П	37
СГ2С	122	6Ж2Б	38
СГ3С	123	6Ж2П	39
СГ4С	124	6Ж3П	41
СГ5Б	127	6Ж3	40
СО-147	108	6Ж4	42
СО-241	109	6Ж6С	43
СО-242	110	6Ж7	44
СО-244	113	6Ж8	45
СО-245	114	6Ж13Л	46
СО-257	115	6К1Ж	47
СО-258	163	6К1П	48
УБ-240	116	6К3	49
УО-107	117	6Н4	50
УО-132	119	6К7	51
УО-186	120*	6К9С	52
1А1П	1**	6Л7	53
1Б1П	2,3	6И1П	54, 55
1К1П	4	6Н2П	56, 57
1П2Б	5	6Н5С	58, 59*
2Д1С	159	6Н7С	60
2Ж2М	6	6Н8С	61, 62
2Ж27Л	7	6Н9С	63, 64
2К2М	8	6Н10С	65, 66
2П1П	9	6Н15П	67, 68
2П29Л	10	6П1П	69
2С4С	11	6П3П	70
2Х1Л	12, 13	6П6С	71
212С	14	6П7С	155
4Д5С	16	6П8С	72
4Ж1Л	17*	6П9	73
4П1Л	161*	6С1Ж	74
4П10С	18	6С1П	75
4С3С	154	6С2С	76
6П6С	15	6С4С	77
5Ц3С	19, 20	6С5	78
5Ц4М	130, 131	6С5Д	79
5Ц4С	132, 133	6С6Б	80
6А7	21**	6С7Б	81
6А8	22**	6С8С	156
6А10С	23**	6Ф5	141

Продолжение табл. 108

Тип лампы	Номер испытательной карты	Тип лампы	Номер испытательной карты
6Ж6М	82	12Ж1Л	94*
6Ф6С	140	12Ж8	95
6Ф7	83, 84	12К4	96
6Ф11	85	12Н10С	97, 98
6Ф12	86	12П4С	99
6Х2П	87, 88	12С3С	100*
6Х6С	138, 139	12Х3С	101, 102
6Ц4С	89, 90	13П1С	103
6Ц5С	91, 92	30П1С	104
10Ж1Л	93*	30Ц6С	105
12Г1	151, 152, 153	90С10-40	126
12Г2	145, 146, 147	VИ-Ш-Л	136

---

* По крутизне не проверяется.
** По току не проверяется.

Схема прибора

Принципиальная схема испытателя ламп Л1-2 (рис. 221) включает схему поверки лампы на отсутствие короткого замыкания между электродами лампы; схему поверки лампы на величину анодного тока; схему поверки лампы по крутизне характеристики; схему поверки стабилизаторов; выпрямитель.

При поверке ламп на наличие короткозамкнутых электродов все коммутируемые электроды подключаются переключателем в положении «коротк.» (рис. 222) к другому переключателю, который замыкает все электроды, кроме одного, между собой, и соединяются с корпусом. Первый переключатель на передней панели обозначен «операции», второй — «электроды». На незамкнутый электрод через прибор «μА» подается напряжение (около 12 В) с делителя напряжения, образованного сопротивлениями R_{42}—R_{52}. Если данный электрод замкнут с другими, через прибор пойдет ток и стрелка прибора отклонится приблизительно на половину шкалы.

Для поверки лампы на величину анодного тока переключатель «операции» ставится в положение «анод. ток». В этом положении все электроды лампы выходят на группы гнезд штепсельного коммутатора. При включении штепселей (замыкании контактов) в гнезде штепсельного коммутатора на каждый электрод подаются напряжения, близкие к указанным в ТУ (технические условия). В анодную цепь лампы включается кнопкой «отсчет» прибор с соответствующими шунтами (R_{20}—R_{25}), дающий показания по шкале, нанесенной на испытательной карте.

Для измерения крутизны характеристики переключатель «операции» ставится в положение «крутизна». При этом на управляющую сетку испытываемой лампы подается одно из калиброванных напряжений с обмотки силового трансформатора. Величина соответствующей переменной составляющей анодного напряжения измеряется ламповым вольтметром.

Ламповый вольтметр — это усилитель, работающий на лампе $Л_1$, и купроксный детектор, собранный по мостовой схеме, в измерительную диагональ которого включается микроамперметр *ИП*. В схеме предусмотрен постоянный контроль чувствительности вольтметра, для чего кнопочным переключателем на сетку лампы вольтметра можно в любой момент подать с обмотки силового трансформатора калиброванное напряжение 1 В. Необходимая чувствительность устанавливается регулировкой напряжения, подаваемого на сетку лампы с потенциометра R_{61}, ручка которого выведена на переднюю панель прибора и обозначена «уста-

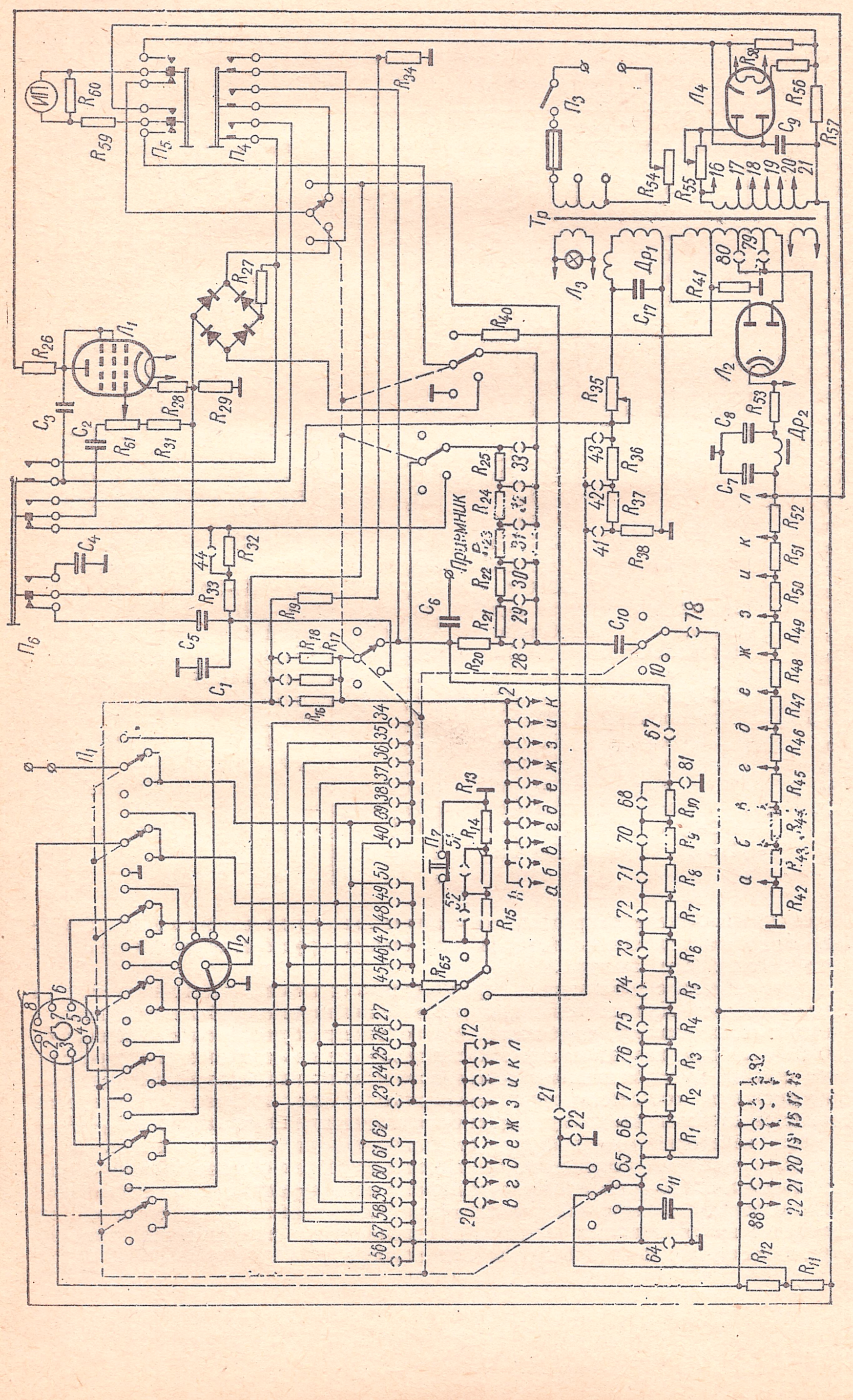

ИП
R60
R59
П5
П4
R34
П3
Л4
R58
R56
R57
C9
R54
R55
16
17
18
19
20
21
Тр
Л3
Др1
C17
R41
80
79
Л2
R40
R27
Л1
R26
C3
C2
R28
R29
R51
R31
R35
R53
Др2
C8
C7
R36
R37
R38
41
42
43
R25
R24
R23
R22
R21
R20
28
29
30
31
32
33
Приемник
C6
C10
10
78
R32
R33
44
C4
C5
C1
П6
R19
R18
R17
R16
R52
R51
R50
R49
R48
R47
R46
R45
R44
R43
R42
а б в г д е ж з и к л
П1
П2
R13
R14
П7
51
52
R15
R65
34
35
36
37
38
39
40
45
46
47
48
49
50
2
12
20
23
24
25
26
27
56
57
58
59
60
61
62
21
22
65
66
77
76
75
74
73
72
71
70
68
67
81
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
C11
64
R12
R11
88
1
2
3
4
5
6
7
8

Рис. 221. Принципиальная схема прибора Л1-2.

109. Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Л1-2

Обозначение на схеме	Тип	Данные	Обозначение на схеме	Тип	Данные
R_1	Проволочный	10 Ом	R_{42}	Проволочный	100 Ом
R_2, R_3	»	20 Ом	R_{43}	»	150 Ом
R_4	»	50 Ом	R_{44}—R_{48}	»	250 Ом
R_5	»	100 Ом	R_{49}, R_{50}	»	500 Ом
R_6, R_7	»	200 Ом	R_{51}, R_{52}	»	250 Ом
R_8	»	500 Ом	R_{53}	»	40 Ом
R_9	»	1 кОм	R_{54}	»	126 Ом
R_{10}	»	9 кОм	R_{55}	»	9 кОм
R_{11}	»	61,5 Ом	R_{56}	»	50 кОм
R_{12}	»	57,9 Ом	R_{57}	»	45 кОм
R_{13}, R_{14}	ВС-0,25	51 кОм	R_{58}	»	1 кОм
R_{15}	ВС-0,25	390 кОм	R_{59}	»	2 кОм
R_{16}	Проволочный	8 кОм	R_{60}	»	800 Ом
R_{17}	»	6 кОм	R_{61}	СП-I-2А	470 кОм
R_{18}	»	652 Ом	R_{65}		200 кОм
R_{19}	»	100 кОм	C_1	КЭ-1в	20 мкФ
R_{20}, R_{21}	»	3 Ом	C_2	КБГ-И	0,03 мкФ
R_{22}	»	9 Ом	C_3	КБГ-МП	0,5 мкФ
R_{23}	»	15,3 Ом	C_4	КЭГ-1-В	50 мкФ
R_{24}	»	31,2 Ом	C_5	КЭГ-1-В	20 мкФ
R_{25}	»	99 Ом	C_6	КБГ-МП-2В	0,1 мкФ
R_{26}	ВС-0,5	150 кОм	C_7, C_8,	КЭГ-1-В	20 мкФ
R_{27}	ВС-0,5	30 кОм	C_9, C_{10}	КМБГ-2	5 мкФ
R_{28}	Проволочный	540 Ом	C_{11}	КЭГ-2	100 мкФ
R_{29}	»	10 кОм	C_{17}	КБГ-МП-2В	0,1 мкФ
R_{31}	ВС-0,25	510 кОм	$Л_1$	6Ж8	—
R_{32},R_{33}	Проволочный	333,3 Ом	$Л_2$	5Ц3С	—
R_{34}	»	300 Ом	$Л_3$	МН-14	6,3 В; 0,28 А
R_{35}	»	250 Ом	$Л_4$	6Х6С	—
R_{36}	»	600 Ом	$Др_1$	—	40 мкГ
R_{37}, R_{38}	»	200 Ом	$Др_2$	—	5 Г
R_{40}	ВС-0,25	150 кОм	$ИП$	М-24	100 мкА
R_{41}	ПЭ-1	125 Ом			

новка чувств.». Значение крутизны характеристики определяется по соответствующей шкале на испытательной карте. Для отсчета крутизны переключатель «отсчет» должен быть замкнут.

Для поверки стабилизаторов переключатель ставится в положение «стабил.» (стабиловольты). Для измерения напряжения на электродах стабилизатора используется микроамперметр, включенный как вольтметр постоянного тока со шкалой 180 В. Величина напряжения и относительная степень стабилизации определяются подачей на стабилизаторы постоянного напряжения через калибрационные сопротивления, соответствующие максимальному току нагрузки. Напряжение снимается штепсельным коммутатором с общего делителя напряжения (R_{42}—R_{52}).

Для измерения тока нагрузки стабилизатора на коммутаторе вынимается штепсель, указанный стрелкой на испытательной карте с обозначением «проверка стабилизации». Вынутый штепсель размыкает цепь параллельного нагрузочного сопротивления, и сопротивление нагрузки увеличивается. Для хороших ламп изменение напряжения на электродах стабилизатора при изменении тока нагрузки составляет 1—2 деления шкалы прибора.

Кроме основных операций, прибором можно относительно оценить качество вакуума ламп и обнаружить наличие плохих контактов внутри ламп.

Оценка относительного качества вакуума производится в схеме измерения анодного тока при включении в цепь управляющей сетки большого сопротивления (R_{13}—R_{15}). Изменение анодного тока будет большим у ламп с худшим вакуумом. Пределы допустимого изменения анодного тока указаны на испытательных картах.

Для обнаружения плохих контактов внутри лампы в схеме поверки ламп по анодному току анод ламп через разделительный конденсатор C_6 и гнездо «приемн.» (приемник) подключается ко входу внешнего усилителя низкой частоты (адаптерный вход приемника). Легкое постукивание по баллону неисправной ламгы вызывает в громкоговорителе усилителя (приемника) треск.

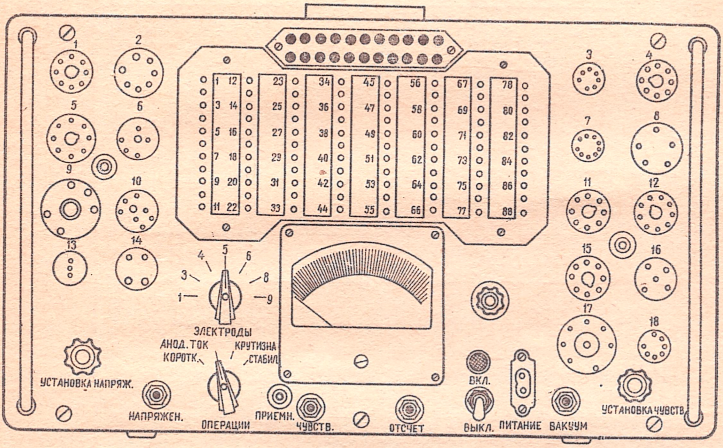


Рис. 222. Вид передней панели прибора Л1-2.

Выпрямитель на лампе $Л_2$ работает на делитель напряжения, состоящий из сопротивлений R_{42}—R_{52}, обеспечивая получение требуемых напряжений для питания анодов и экранных сеток поверяемых ламп. Напряжение питания контролируется ламповым вольтметром, работающим на лампе $Л_4$. Индикатором служит общий для всех цепей микроамперметр *ИП*. Необходимое напряжение устанавливается изменением переменного сопротивления R_{54} в первичной обмотке силового трансформатора. Ручка этого сопротивления выведена на переднюю панель и обозначена «установка напряж.». Напряжение регулируется после нажатия кнопки переключателя «напряжен.».

Спецификация к принципиальной схеме прибора типа Л1-2 приведена в табл. 109.

Подготовка прибора к работе

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 222). Основным органом коммутации управления прибором служат испытательные карты (рис. 223). Испытательные карты, переходники и соединительные концы помещаются в отсеке прибора под крышкой на боковой (правой) стенке.

Рабочее положение прибора горизонтальное. Прежде чем включить прибор, необходимо убедиться в том, что данная лампа входит в перечень ламп, поверяемых прибором Л1-2.

Для подготовки прибора к работе необходимо:

1. Убедиться в соответствии положения переключателя силового трансформатора с предохранителем напряжению сети.

2. Переключатель сети поставить в положение «выкл.».

3. По перечню ламп или по картам с перечнем определить номер испытательной карты для данной лампы (для сложных ламп номера всех испытательных карт).

4. Поставить найденную карту на штепсельный коммутатор и, вынимая штепсели с верхней планки, вставить их до отказа во все отверстия на карте. Комбинированные лампы проверяются частями, отдельно по соответствующей карте.

5. Установить испытываемую лампу в панель, номер которой указан на испытательной карте.

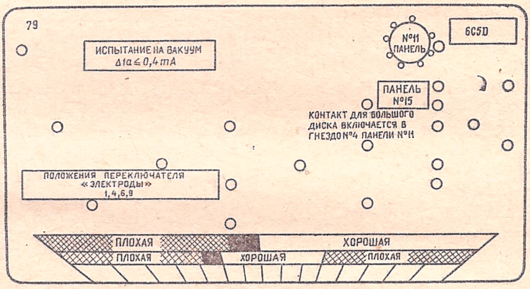


Рис. 223. Испытательная карта прибора Л1-2.

6. Установить переключатель «операции» в положение «коротк.» (короткое замыкание).

7. Установить переключатель «электроды» в положение «1».

8. Подключить кабель питания прибора к колодке и к сети.

9. Включить питание прибора переключателем сети (при этом должна загореться сигнальная лампочка) и дать прибору прогреться в течение 2 мин.

10. Нажать кнопку «напряжен.» и, вращая ручку «установка напряж.», установить стрелку прибора против красной риски.

Эту операцию надлежит выполнять с особым вниманием, так как неточности установки напряжения ведут к дополнительным ошибкам при измерениях.

Поверку установки напряжения следует повторять перед каждым отсчетом измеряемого параметра, особенно при поверке ламп с большим анодным током.

Работа с прибором

Для поверки ламп на наличие короткого замыкания между электродами необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.

2. Переключатель «операции» поставить в положение «анод. ток».

3. Проверить установку сетевого напряжения.

4. Нажать кнопку «отсчет» и по зонам годности для анодного тока на испытательной карте определить величину анодного тока и степень годности лампы.

Для поверки лампы на плохие контакты (треск) внутри лампы необходимо:

1. Оставить испытатель ламп с поверяемой лампой в положении поверки анодного тока.

2. К гнезду «приемн.» подключить вход усилителя низкой частоты (адаптерный вход приемника). Включить питание усилителя (приемника) и установить максимальное усиление.

3. Постучать поверяемую лампу по баллону и цоколю. Отсутствие треска в громкоговорителе свидетельствует об исправности лампы.

Для поверки ламп по крутизне характеристики необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Переключатель «операции» поставить в положение «крутизна».
3. Нажать кнопку «чувств.» и ручкой «установка чувств.» установить стрелку прибора против красной риски.
4. Нажать кнопку «отсчет» и по зонам годности для крутизны на испытательной карте определить величину крутизны характеристики и степень годности лампы.

Для поверки лампы на относительное качество вакуума необходимо:

1. Измерить анодный ток лампы.
2. Нажать кнопку «вакуум» и отсчитать, на сколько изменится анодный ток лампы. У ламп с хорошим вакуумом изменение тока не должно превышать величины, указанной на испытательной карте.

Для поверки газонаполненных стабилизаторов необходимо:

1. Подготовить прибор к работе.
2. Установить переключатель «операции» в положение «стабил.».
3. Нажать кнопку «отсчет» и заметить показание прибора.
4. Не отжимая кнопки «отсчет», быстро вынуть из коммутатора штепсель, отмеченный на карте стрелкой с обозначением «проверка стабилизации», и заметить изменение показаний прибора.

Для исправной лампы показания прибора не должны изменяться более чем на 1—2 деления.

Отсутствие свечения лампы, отсутствие показаний прибора или большая разница его показаний, когда штепсель вынимается, свидетельствуют о неисправности лампы.

Поверка индикаторных ламп производится без испытательной карты. Для поверки лампа вставляется в среднее гнездо панели № 17, а в одно из гнезд коммутатора, в зависимости от напряжения зажигания лампы, вставляется штепсель согласно следующим данным:

Напряжение зажигания, В	1,2	2,2	4	5,2	6,3	12,6	30
Номер замыкаемого гнезда коммутатора	88	87	86	85	84	83	82

Литература

Бова Н. Т., Лайхтман И. Б. Измерение параметров волноводных элементов. Киев, «Техніка», 1964.

Бокринская А. А., Скорик Е. Т. Методы измерения мощности СВЧ. Киев, «Техніка», 1962.

Маликов М. Ф. Основы метрологии. М., Изд-во Комитета мер и измерительных приборов СССР, 1949.

Маликов С. Ф. Введение в технику измерений. М., Машгиз, 1949.

Маликов С. Ф., Тюрин Н. И. Введение в метрологию. М., Изд-во стандартов, 1968.

Метрологическая служба СССР. М., Изд-во стандартов, 1968.

Радиоизмерительные приборы, каталог-проспект. М., Изд-во ВНИИТЭИР, ежегодное издание.

Терешин А. И., Софронов В. А. Справочник по эксплуатации радиоизмерительных приборов. Киев, «Техніка», 1969.

Яковлев К. П. Математическая обработка результатов измерений. М., ГИТТЛ, 1953.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3

Глава I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5

Классификация, наименования и обозначения электронных радиоизмерительных приборов 5
Правила эксплуатации, сбережения и поверки радиоизмерительных приборов 10
Международная система единиц СИ, государственная система эталонов единиц измерений 11
Основные правила производства измерений 24
Планирование измерений и протоколы наблюдений 26
Оценка погрешностей измерений 27
Математическая обработка результатов измерений 29
Отчет 30

Глава II. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ (ПОДГРУППА В) 30

Вольтметры постоянного тока 36
Вольтметр постоянного тока ВК2-6 с цифровой индикацией 36
Вольтметры переменного тока 43
Вольметр переменного тока В3-2А 43
Вольтметр переменного тока В3-3 47
Вольтметр переменного тока В3-4 51
Вольтметр переменного тока В3-5 56
Вольтметр переменного тока В3-6 60
Вольтметр переменного тока В3-7 64
Вольтметр переменного тока В3-9 69
Вольтметр переменного тока В3-10А 75
Вольтметр переменного тока В3-15 78
Вольтметр переменного тока В3-18 80
Вольтметры импульсного тока 83
Вольтметр импульсного тока В4-1А 83
Вольтметр импульсного тока В4-2 87
Вольтметры фазочувствительные (векторметры) 90
Вольтметр фазочувствительный В5-1 90
Вольтметры селективные 97
Вольтметр селективный В6-1 97
Вольтметры универсальные 104
Вольтметр универсальный В7-2 и делители напряжения Д6-6, Д6-7, Д6-8 104
Вольтметр универсальный ВК7-3 108
Многопредельные приборы Ц-51 и Ц-51Т 118
Многопредельный прибор Ц-52 125
Ампервольтомметр Ц315 131
Ампервольтомметр АВО-5М 135

Глава III. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОМПОНЕНТОВ И ЦЕПЕЙ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПОСТОЯННЫМИ (ПОДГРУППА Е) . . 140

Измерители добротностей 148
Измеритель добротности Е9-1 (куметр) 148

Измеритель добротности Е9-2 151
Измеритель добротности Е9-5А 154
Измерители параметров универсальные 158
Универсальный мост Е12-2 158

Глава IV. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ (ПОДГРУППА М) 167

Измеритель проходящей мощности М2-1 172
Ваттметры поглощаемой мощности 179
Ваттметр поглощаемой мощности М3-1 179
Измеритель поглощаемой мощности М3-2 183
Ваттметр поглощаемой мощности М3-3А 188
Измеритель поглощаемой мощности М3-4 194
Измеритель поглощаемой мощности М3-10 199

Глава V. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ И ТРАКТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПОСТОЯННЫМИ (ПОДГРУППА Р) 205

Линии измерительные 208
Измерительная линия Р1-1 208
Измерительная линия Р1-2 212
Измерительная линия Р1-3 214
Измерительная линия Р1-4 215
Измерительные линии Р1-5А и Р1-6А 217
Измерительная линия Р1-7 219

Глава VI. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ (ПОДГРУППА Ч). 221

Частотомеры резонансные 222
Частотомер резонансный Ч2-1 222
Частотомер резонансный Ч2-9 225
Частотомер резонансный Ч2-12 228
Частотомеры емкостные 231
Частотомер емкостный Ч3-1 231
Частотомеры гетеродинные 234
Частотомер гетеродинный Ч4-1 234
Частотомер гетеродинный Ч4-5 237

Глава VII. ПРИБОРЫ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМЫ СИГНАЛА И СПЕКТРА (ПОДГРУППА С) 246

Осциллографы универсальные 250
Осциллограф универсальный С1-1 250
Осциллограф универсальный С1-2 256
Осциллограф универсальный С1-5 266
Осциллограф универсальный С1-6 (малогабаритный) 275
Измерители коэффициента амплитудной модуляции 282
Измеритель коэффициента амплитудной модуляции С2-2 282
Анализаторы спектра 287
Анализатор спектра С4-5 287
Анализатор гармоник С5-2 303

Глава VIII. ПРИБОРЫ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОУСТРОЙСТВ (ПОДГРУППА Х) 310

Приборы для исследования амплитудно-частотных характеристик 312
Прибор для исследования амплитудно-частотных характеристик Х1-1 312
Прибор для исследования амплитудно-частотных характеристик ПНТ-2 319

Глава IX. УСИЛИТЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ (ПОДГРУППА У) 328

Усилители селективные 328
Усилитель селективный У2-1А 328
Усилители широкополосные 335
Усилитель широкополосный У3-1 335

Глава X. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ПОДГРУППА И) 336

Измерители временных интервалов 337
Измеритель временных интервалов И2-1 337
Измеритель временных интервалов И2-1А 343

Глава XI. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ И РАДИОПОМЕХ (ПОДГРУППА П) 343

Измеритель плотности потока мощности ПО-1 343
Измерители радиопомех 347
Измеритель радиопомех П4-4 347

Глава XII. ГЕНЕРАТОРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ (ПОДГРУППА Г) 354

Генераторы сигналов 354
Генератор сигналов Г3-2 354
Генератор сигналов Г3-4 358
Генератор сигналов Г3-8 365
Генератор сигналов Г3-11 371
Генератор сигналов Г3-23 377
Генераторы сигналов Г3-33, Г3-34 381
Генераторы стандартных сигналов 388
Генератор стандартных сигналов Г4-1 388
Генератор стандартных сигналов Г4-2 395
Генератор стандартных сигналов ГК4-3 405
Генератор стандартных сигналов ГК4-4 414
Генератор стандартных сигналов Г4-5 424
Генератор стандартных сигналов Г4-7А 431
Генератор стандартных сигналов ГК4-14 438
Генератор стандартных сигналов Г4-18 446
Генераторы импульсов 455
Генератор импульсов Г5-1 455
Генератор импульсов Г5-8 465
Генератор импульсов Г5-15 473

Глава XIII. ПРИБОРЫ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ (ПОДГРУППА Л) 483

Измерители параметров электронных ламп 484
Испытатель ламп Л1-1 484
Испытатель ламп Л1-2 488
Литература 495

Алексей Ильич Терешин, доцент, *Владимир Александрович Софронов*, инж.

СПРАВОЧНИК ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Редактор издательства инж. *Л. О. Полянская*
Переплет художника *Г. И. Головченко*
Художественный редактор *Б. М. Бойко*
Технический редактор *К. Е. Ставрова*
Корректор *Т. Е. Царинская*

Сдано в набор 20. X 1972 г. Подписано к печати 5. VI 1973 г. Формат бумаги $60\times90^{1}/_{16}$.
Бумага типографская № 3. Объем: 31,25 физ. л.; 31,25 усл. л.; 43,4 уч.-изд. л. Тираж 45000.
Зак. № 2-367. БФ 05860. Цена 2 руб. 41 коп.

Издательство «Техніка», 252601, Киев, 1, ГСП, Пушкинская, 28.

Книжная фабрика им. М. В. Фрунзе республиканского производственного объединения «Полиграфкнига», Харьков, Донец-Захаржевская, 6/8.

К СВЕДЕНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

К 1974 г. издательство «Техніка» выпускает следующие справочники:

ГУРЛЕВ Д. С. Справочник по электронным приборам. Изд. 5-е.

Язык русский, 40 лист., цена 2 руб. 35 коп.

Справочник содержит основные сведения по электровакуумным, газонаполненным, проводниковым и полупроводниковым приборам. Каждый вид приборов имеет свое назначение, обусловленное явлениями, происходящими в физической среде, принципом действия и специфическими особенностями, характеризующими их особое применение. Приводятся основные параметры и характеристики электронных приборов отечественного производства. Справочник дополнен новыми типами приборов и необходимыми характеристиками в соответствии с последними модификациями.

Предназначен для инженерно-технических работников, занимающихся конструированием, настройкой и ремонтом электронной аппаратуры.

КРИВОНОГОВ Ю. А. и др. **Справочник по оргтехнике.**

Язык русский, 20 лист., цена 1 руб. 60 коп.

В справочнике приведены основные понятия, определения, особенности функционирования и технические данные серийно выпускаемых технических средств оргтехники, применяемых на различных уровнях систем управления производством. Рассмотрены технические средства подготовки, составления, копирования, размножения, накопления и обработки информации, их классификация, рекомендации по выбору и области применения, вопросы экономической эффективности.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников, занимающихся разработкой систем управления производством, а также может быть использован студентами вузов соответствующих специальностей.

Предварительные заказы на эти справочники можно оформить в местных книжных магазинах или в издательстве.

Наш адрес: 252601, г. Киев, 1, ГСП, ул. Пушкинская, 28.

Издательство «Техніка»

26

2 руб. 41 коп.

справочник по эксплуатации
радиоизмерительных приборов